

TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI
TOIMETISED

УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ACTA ET COMMENTATIONES UNIVERSITATIS TARTUENSIS

538

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ И ЭВМ В АНАЛИЗЕ
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Труды по экономическим наукам

TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI TOIMETISED
УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ACTA ET COMMENTATIONES UNIVERSITATIS TARTUENSIS
ALUSTATUD 1893.a. VIIK 538 ВЫПУСК ОСНОВАН В 1893.г.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ И ЭВМ В АНАЛИЗЕ
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Труды по экономическим наукам

ТАРТУ 1980

Редакционная коллегия: Э.Кайтса (председатель), Х.Паутс,
Я.Кару (отв.редактор), Х.Сийгур, Э.Хальясте.

Предисловие редактора

Настоящий сборник научных работ посвящен рассмотрению вопросов экономического анализа деятельности производственных предприятий и объединений. Экономический анализ является важной функцией управления производством, совершенствование которого непосредственно связано с улучшением использования методического арсенала, организации аналитической работы и применяемой техники.

В настоящее время экономико-математические методы вместе с другими экономическими методами стали одним из основных инструментов анализа и оценки деятельности предприятий и объединений. Опыт использования экономико-математических методов анализа все убедительнее свидетельствует об их эффективности и широком диапазоне применимости. Однако алгоритмы многих методов экономико-математического анализа Komplіцированы с точки зрения вычислительной реализации и изучения их свойств. По этой причине реальные предпосылки превращения количественных методов анализа из раздела математики в мощный аппарат ежедневной работы экономиста-аналитика появились только в связи с широким внедрением современной вычислительной техники и соответствующего математического обеспечения.

Настоящий сборник посвящен узловым проблемам применения экономико-математических методов в анализе на микроуровне. Тематику изучаемых проблем можно определить следующим образом:

- изучение применимости стохастических методов, в т.ч. методов математической статистики для решения различных задач экономического анализа;

- изучение динамики развития предприятия или объединения и их подразделений с выделением различных аспектов исследования. Применяются разнообразные методы статистического анализа - регрессионный, спектральный и гармонический анализ;

- обоснование и выделение системы наиболее информативных показателей для экономико-математического анализа;

- анализ детерминированных явлений на предприятиях в соответствии с блоками комплексного экономического анализа или же стадиями производственного процесса;

- информационное обеспечение аналитических расчетов с применением централизованных баз данных, являющихся основой

для совершенствования организации экономического анализа в условиях АСУП.

Сборник, естественно, не дает исчерпывающего представления о проделанной работе по применению экономико-математических методов и ЭМ в анализе хозяйственной деятельности, но показывает богатые возможности и основные направления их применения в комплексном экономическом анализе деятельности промышленных предприятий и объединений.

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И ЗАДАЧ АНАЛИЗА ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Я.Э. Кару

Кафедра экономической кибернетики и статистики
Тартуского государственного университета

Исследования последних лет показывают, что решение широкого круга аналитических задач возможно только с применением количественных методов, так как они позволяют в лучшей степени изучать, планировать и регулировать процессы и явления, происходящие на предприятиях и объединениях.

Наряду с определенными успехами в развитии и использовании математических методов в анализе хозяйственной деятельности можно заметить и некоторые методологические проблемы дискуссионного характера, связанные с построением системы комплексного экономического анализа с применением средств вычислительной техники, с разработкой систематизации и классификации методов анализа и соответствующих им формализованных задач, с организацией информационной базы для решения сложных задач экономического анализа деятельности предприятий и объединений.

Многие вопросы, относящиеся к применению количественных методов в анализе хозяйственной деятельности, рассматриваются отдельно в специальной экономической, статистической и математической литературе. В настоящей работе предпринята попытка заполнить некоторые проблемы в комплексном рассмотрении применения методов стохастического типа в изучении проблем хозяйственной деятельности на микроуровне.

Многие процессы и события, происходящие на производстве, обусловлены причинами, ускользающими от нашего контроля. Нельзя сказать точно, когда произойдет поломка деталей, будет допущен брак, выйдет из строя станок и т.д. Есть известная неопределенность в указании времени, объема и структуры в появлении таких событий, и исход их не может быть вполне точно определен заранее.

Во многих случаях значения признаков у наблюдаемых объектов варьируют от одного объекта к другому, такие множества значений также представляют собой совокупности случайных величин. Случайной или стохастической /от греческого "стохастикос" - вероятный, возможный/ величиной называется "всякая

наблюдаемая величина, изменяющаяся при построениях общего комплекса условий, в которых она возникает".¹

Суть этих явлений в том, что данному значению признака X соответствует целое распределение значений Y , т.е. мы не можем однозначно предсказать результаты отдельных значений параметров процесса, наблюдений, опытов, показателей, испытаний. Можем определить либо средний результат большого числа повторений данного процесса, либо вероятный интервал значений, в котором с большей или меньшей уверенностью мы должны ожидать результат отдельно взятого наблюдения.

Для изучения таких явлений традиционные методы оказались непригодными. "Надо построить иные приемы, не опирающиеся на характерные особенности неразрывной связи. Совокупность таких приемов исследования причинной связи, приспособленных к изучению отношений связи свободной, и есть то, что обычно называют статистическим методом".²

Разный характер экономических явлений и процессов, разные исполнители и цели проведения анализа, различные уровни иерархий управления и еще множество других условий обуславливают применение различных методов и, естественно, разные характерные задачи, которые призван решить экономический анализ.

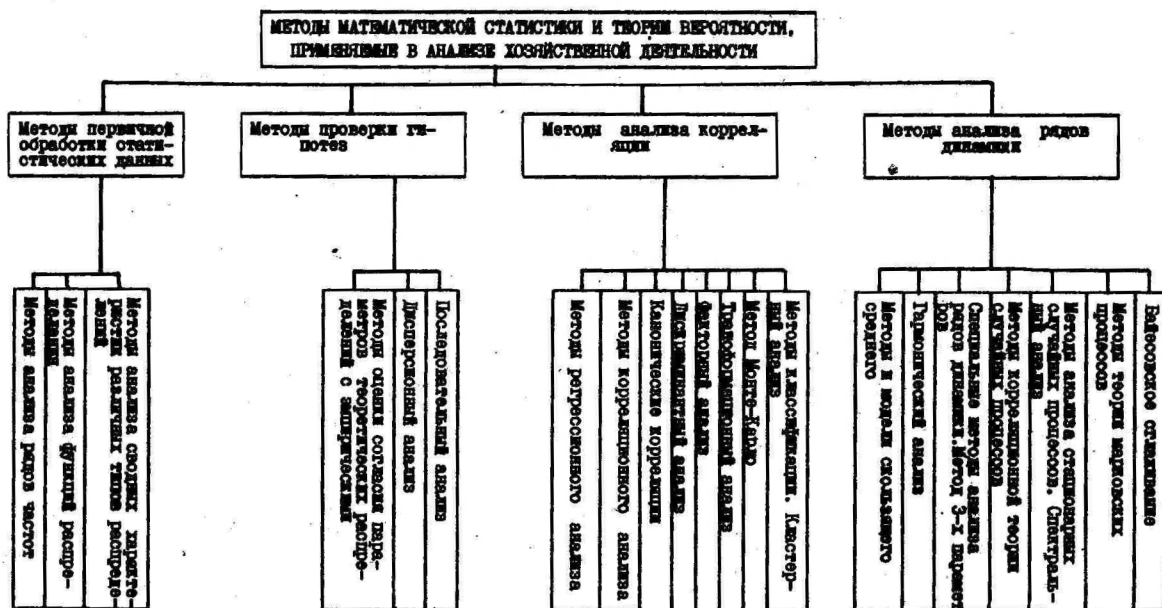
Примерную схему методов математической статистики можно видеть на схеме I, где отражены основные группы методов, применяемые в настоящее время в экономическом анализе предприятий и объединений. Приведенная схема не претендует на строгую классификацию всех математико-статистических методов, поскольку здесь отражены только самые основные и практически применяемые методы и их группы, не приведены также модификации различных методов. Например, Г. Харман перечисляет³ около 25 модификаций факторного анализа. Многие приемы и методы, отраженные на схеме, применяются в разных разделах.

В дальнейшем рассмотрим задачи, возникающие на промышленных предприятиях и при решении которых можно и необходимо использовать стохастические методы, в частности, методы ма-

¹ Карпенко Б.И. Развитие математико-статистических идей. Л., Изд-во ЛГУ, 1967.

² Чупров А.А. Статистика и статистический метод, их жизненное значение и научные задачи. - В кн. А.А. Чупрова: Вопросы статистики. М., Госстатиздат, 1960, с. 34.

³ Харман Г. Современный факторный анализ. М., "Статистика", 1972, с. 125.



С х е м а I. П р и м е р н а я с и с т е м а т и з а ц и я м е т о д о в м а т е м а т и ч е с к о й с т а т и с т и к и ,
п р и м е н я е м ы х в а н а л и з е х о з я й с т в е н н о й д е я т е л ь н о с т и .

тематической статистики, и дадим краткие характеристики основным, наиболее часто используемым методам и выделенным их группам: методам первичной обработки данных, проверки гипотез, анализа корреляции, анализа рядов динамики.

Перед тем, как приступить к рассмотрению конкретных методов и соответствующих задач, приведем некоторые общие положения о современном состоянии и логике постановки задач.

На основе накопленного опыта применения экономико-статистических методов прослеживается связь /см. схема 2/ между формализованными задачами математической статистики и конкретными аналитическими задачами. Развитие и совершенствование обоих этих направлений происходит в основном раздельно, без достаточного взаимополезного дополнения обеих сторон. Для выявления и использования пересечения существующего между совершенствованием методов и алгоритмов математической статистики и постановками практических задач анализа хозяйственной деятельности с учетом видов и разделов экономического анализа, проводим комплексный обзор методов математической статистики и решаемых аналитических задач.

Поскольку предметом изучения математической статистики является формальная сторона исследования статистических совокупностей, безотносительно к их специфической природе, то можно сформулировать одну из ее основных задач - выяснить, варьируют ли в данных конкретных условиях наблюдаемые признаки совершенно случайно или же к этому имеются какие-то определенные причины, так что вероятности значений признаков нельзя считать постоянными.

Решение этой основной задачи часто производится по частям и поэтапно для того, чтобы подробнее изучить комплекс причин, обуславливающих варьирование признаков, виды и типы связей между изучаемыми явлениями и определяющими ее признаками и оценить количественную меру связей и т.д.

Предметом статистического анализа хозяйственных объектов выступают "не сами объекты с их физическими, химическими и другими конструктивными особенностями, а их свойства, отраженные в величинах основных показателей и факторов функционирования и во взаимозависимостях, существующих между ними"⁴. Исходя из этого практика экономического анализа ставит целый ряд своих специфических задач, решаемых статистическими ме-

⁴ Экономико-статистическое моделирование в промышленности. Новосибирск, "Наука", 1977.



Схема 2. Связи между задачами экономического анализа и методами математической статистики.

тодами, являющихся единственным инструментом исследования подобных явлений.

Экономический анализ является прежде всего факторным анализом системы производства. С математической точки зрения, наиболее в общем виде задачи факторного анализа (прямого и обратного)⁵ формулируются следующим образом.

Пусть задан показатель Y , характеризующий изучаемое экономическое явление и вектор аргумент-признаков $X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}$, влияющий на результирующий показатель Y .

Требуется определить:

- 1/ компоненты вектора X_i ;
- 2/ вид функции связи $Y = f(X_i)$;

⁵ Шеремет А.Д. Комплексный экономический анализ деятельности предприятия. М., "Экономика", 1974, с.

3/ парциальные влияния компонентов вектора X_i на изменение результирующего признака Y ;

4/ функцию $G(X_i')$ изменения показателя Y так, чтобы при этом происходил синтез информации, содержащейся в компонентах вектора $X_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ и формировался новый признак - вектор $X_i' = \{x_1', x_2', \dots, x_k'\}$, причем $k \ll n$;

5/ внутреннюю структуру компонентов различных признаков - векторов X_i , более того сравнивать различные структуры показателей, изучать их изменения в динамике.

Видно, что при решении трех первых задач необходимо выделить результирующий признак в явном виде, но две последующих задачи могут решаться и в случае, когда не предполагается выделение результирующего признака из системы показателей в явном виде.

Решение этих задач можно провести разными группами методов математической статистики, которые мы в дальнейшем и рассмотрим.

Методы первичной обработки статистических данных являются обязательным элементом в инструментарии экономиста-аналитика, применяющего стохастические методы в своей ежедневной работе. Это обосновано тем, что большинство методов статистики обеспечивает корректность результатов только при выполнении определенных предпосылок относительно свойств и параметров анализируемых совокупностей.

Основой для проведения анализа является определение эмпирических частот и функции распределения.

Пусть дано n значений экономического показателя X и образуем k интервала $V_j = [a_{j-1}, a_j]$, ($j=1, \dots, k$), где $a_0 \leq \min X_i$, $a_k \geq \max X_i$ ($i=1, \dots, n$). Обозначим n_j частоту V_j в интервале, т.е. $\sum_{j=1}^k n_j = n$.

Эмпирическую частоту получаем в виде вектора $(n_1/n, \dots, n_k/n)$, эмпирическая функция распределения получается как вектор (g_1, \dots, g_k) , где $g_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^j n_i$ является оценкой функции распределения для a_j .

Для анализа и оценки распределения значений показателя рассчитывается ряд параметров, такие как арифметическое среднее, дисперсия, стандартное отклонение, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, эксцесс и т.д.

На основе анализа этих параметров можно узнать о том, насколько подходит совокупность хозяйственных объектов и характеризующие ее показатели для статистического анализа, ка-

ние необходимо сделать корректировки в выборке, как выделить изучаемые объекты, показатели которых не согласуются с другими по выборке, и установить причины этого, а также выяснить, какие взаимосвязанные комплексы признаков можно выделить и как выявить наиболее информативные их подпространства.⁶

Первичная статистическая обработка данных имеет также самостоятельное значение в изучении экономического объекта. Например, при оценке технического состояния предприятия /доля отдельных видов оборудования, их возрастной состав/ или контингента рабочих кадров - доля работающих по различным показателям: возрасту, стажу работы, квалификационному разряду, проценту выполнения производственных заданий и т.д.

Переход от методов первичного анализа к методам проверки гипотез осуществляется с помощью методов оценки согласия параметров теоретических распределений с эмпирическими.⁷

Основой этих методов является принятие решения о том, какому распределению соответствует эмпирическое распределение, т.е. необходимо проверить исходную, нулевую гипотезу по заданному критерию при заданной функции распределения.

На этом основываются секвенциальный и дисперсионный анализ. Основной задачей секвенциального /последовательного/ анализа является определение объема выборки, при котором сохраняется заданный уровень достоверности получаемых результатов.

При такой постановке вопроса задача последовательного анализа применяется при решении проблем контроля качества продукции.

Эту же задачу секвенциального анализа можно рассматривать как часть более общей проблемы пересчета показателей надежности по результатам испытаний в определенном наборе

⁶ См., например работы: Н.К. Дружинина. Математическая статистика в экономике. М., 1974; Я.И. Лукомский. Теория корреляции и ее применение к анализу производства. М., 1961, М. Езекиел и К. Фокс. Методы анализа корреляций и регрессий /линейных и нелинейных/. М., 1966.

⁷ См., например, монографию Л. Закса. Статистическое оценивание. М., "Статистика", 1976.

режимов на другие режимы работы.⁸

Классическая задача статистического экономического анализа требовала предварительного определения необходимого числа наблюдений. Доказано, что при предварительном определении число наблюдений должно быть значительно большим, чем при этапном анализе, заключающемся в следующем.

Проводится небольшое число наблюдений и проверяется рабочая гипотеза. В случае отброса гипотезы /с достаточно большой доверительной вероятностью/ наблюдение прекращается. В противном случае продолжают по частям добавлять наблюдения, пока рабочая гипотеза не будет принята или окончательно отброшена.

Уменьшение необходимого числа наблюдений - одна из основных задач секвенциального анализа.

Основная задача дисперсионного анализа /ДА/ состоит в том, "чтобы из произвольного числа факторов, могущих /как предполагается априори/ влиять на изучаемую переменную, выделить сравнительно небольшое количество факторов, влияние которых наиболее существенно".⁹

В экономическом анализе хозяйственной деятельности практическое значение имеют следующие задачи ДА:

- оценка существенности влияния показателей оргтехуровня и использования производственных ресурсов на показатели эффективности производства.

- оценка совместных влияний различных компонентов производственного процесса или его элементов на показатели эффективности. Например, оценка совместного влияния компонентов заработной платы и фондов материального поощрения на результаты деятельности;

- оценка существенности отклонения величины показателя деятельности от нормального или прогрессивного уровня, определенных на основе групп предприятий, достигших наилучших результатов.

Анализ отклонений вызывает повышенный интерес по той причине, что существенные отклонения являются индикаторами ненапряженности плановых заданий, нарушений нормальной рабо-

⁸ Б е л я е в В.К. Статистические методы контроля качества и управления производством. - Тезисы докладов Всесоюзн. научн. конф. "Применение теорий вероятностей и математической статистики в народном хозяйстве". Кишинев, 1972, с. 5.

⁹ С у х о д о л ь с к и й В.Г. Основы математической статистики для психологов. Л., Изд-во ЛГУ, 1972, с. 343.

ты предприятий или имеющихся резервов производства на предприятиях.

С алгоритмами метода можно познакомиться в монографиях.¹⁰

Методы анализа корреляции являются наиболее распространенными в изучении экономики.

Первые работы в советской литературе, посвященные вопросам применения многофакторных корреляционных моделей в анализе экономики, появились в конце 50-х годов (Немчинов В.С., Гарецкий С.П.).

Как правило, в этих работах использовались модели с малым числом факторов /3-5/. Они показывали принципиальную возможность применения количественных методов в анализе хозяйственной деятельности.

Определенный качественный скачок произошел после публикации работ Лукомского Я.И.¹¹, Френкеля А.А.¹², Хайкина В.П.¹³ и Айвазяна С.А.¹⁴ В этих исследованиях освещены важнейшие методологические вопросы применения методов корреляционного анализа. Дополнительно к этому многие теоретические особенности корреляционных и регрессионных методов можно найти в переводной монографии Езекиеля М. и Фокса К.¹⁵

На основе анализа литературных источников можно выделить следующие группы задач, при решении которых применяются корреляционные модели.

Основными задачами регрессионного и корреляционного анализа являются задачи прямого факторного анализа.

I. Определение силы влияния признаков-аргументов на резуль-
тативный показатель.

¹⁰ З а к с Л. Статистическое оценивание. М., "Статистика", 1976, с. 448; Х ь у т с о н А. Дисперсионный анализ. М., "Статистика", 1971.

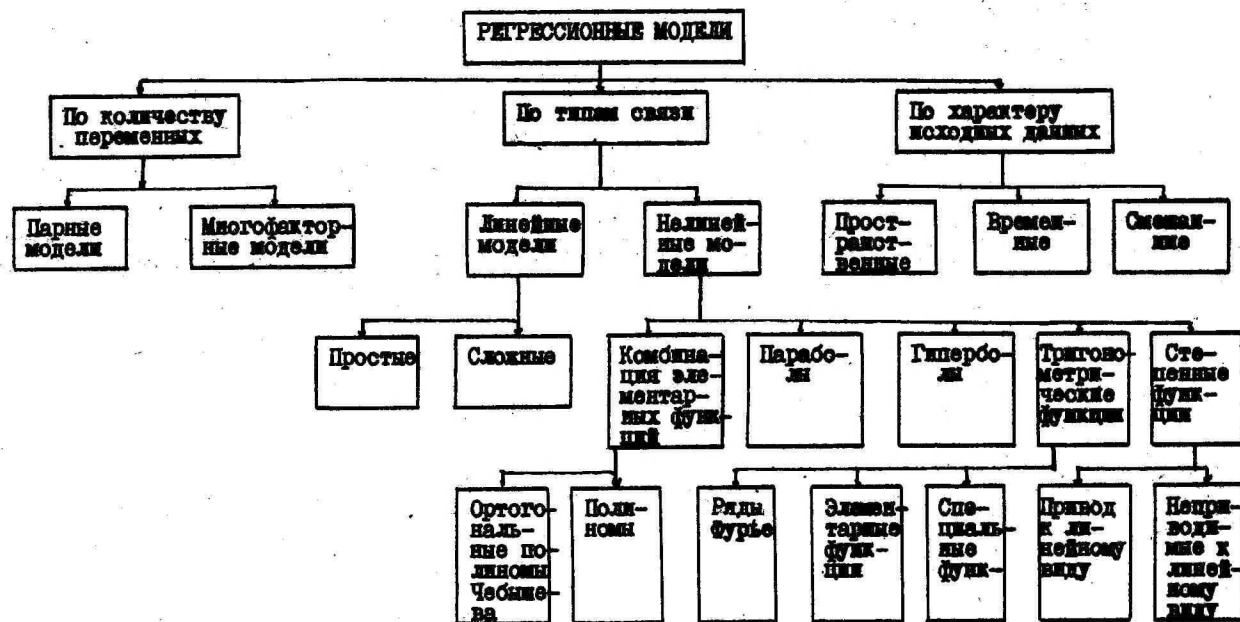
¹¹ Л у к о м с к и й Я.И. Теория корреляции и ее применение к анализу производства. М., 1961.

¹² Ф р е н к е л ь А.А. Математический анализ производительности труда. М., "Экономика", 1968.

¹³ Х а й к и н В.П. и др. Корреляция и статистическое моделирование в экономических расчетах. М., "Экономика", 1964.

¹⁴ А й в а з я н С.А. Статистическое исследование зависимостей. М., "Металлургия", 1968.

¹⁵ Е з е к и е л М., Ф о к с К. Методы анализа корреляции и регрессии /линейных и нелинейных/. М., "Статистика", 1966.



С х е м а 3. Примерные виды регрессионных моделей, применяемые в анализе хозяйственной деятельности.

2. Регрессионные модели можно рассматривать как метод прогнозирования.

3. Корреляционные модели можно использовать как базу нормирования.

4. Уравнения регрессии и коэффициент корреляции могут служить для обоснования способа расчета показателя.¹⁶

Одним из основных этапов изучения корреляции является выявление вида регрессионного уравнения. Применяемые виды регрессионных моделей в анализе хозяйственной деятельности предприятий и объединений можно характеризовать схемой. Данная схема не претендует на полную классификацию регрессионных моделей, но дает картину о многообразии подходов к выявлению линий регрессий и является ориентирующим материалом при подборе подходящих функций.

Каждый случай применения регрессионных методов, в том числе выбор кривой регрессии требует экономического обоснования и содержательной интерпретации полученных результатов.

Во многих случаях анализа хозяйственной деятельности вполне удовлетворительные результаты можно получить при использовании парабол невысокого порядка $n = 2, 3$. С точки зрения математической обработки, такой вид уравнения является довольно удобным для установления формы зависимости, но с точки зрения экономической интерпретации возникает трудности с членами более высоких степеней. Пусть X - производительность труда, в таком случае остается непонятным, что такое производительность труда в квадрате или в кубе.

Основная задача моделирования заключается в получении такого решения, из которого вытекали бы наблюдаемые в эксперименте факты, при этом требуется не только соответствие опытным данным, но и согласованность теоретико-экономических и формализованных положений анализа хозяйственной деятельности.

Методы канонической корреляции применяются в случаях, когда необходимо анализировать связи между группами показателей. Например, пусть одну группу показателей составляют показатели организационно-технического уровня предприятия, другая группа состоит из показателей себестоимости и затрат на производство.

¹⁶ Ш е р е м е т А. Комплексный экономический анализ. М., "Экономика", 1974.

Одна из возможностей выявления связей состоит в следующем: определяются новые показатели (канонические факторы) на основе признаков обеих групп и измеряется взаимосвязь между этими факторами. При каноническом анализе факторы выбираются так, чтобы линейная корреляция /каноническая корреляция/ между ними была бы максимальной.¹⁷

Поскольку канонические факторы можно образовать на основе различных групп показателей, то имеет смысл задача об определении оптимального числа пар канонических факторов. Данный метод возможно использовать, например, при изучении существенных связей между показателями, характеризующими различные блоки показателей комплексного экономического анализа, а также при изучении качественных признаков.

Современный факторный анализ /ФА/¹⁸ является одним из наиболее универсальных методов обратного стохастического факторного анализа.

В общей постановке задача ФА состоит в скатии информации исходных переменных X_j ($j = 1, \dots, m$) через образование латентных признаков-факторов F_i ($i = 1, \dots, p$) и специфических факторов U_j в виде линейной комбинации:

$$X_j = a_{j1} F_1 + a_{j2} F_2 + \dots + a_{jp} F_p + d_j U_j$$

В экономическом анализе наибольший интерес представляют индивидуальные факторные коэффициенты f_{ij} /весы/. Для их определения необходимо найти связи факторов через исходные переменные. Предположив, что характеристики U_j объясняют незначительную долю дисперсии и их можно не учитывать при определении весов, получим уравнение для определения факторных весов:

$$F = (A'A)^{-1} A'X$$

В экономическом анализе хозяйственной деятельности представляет интерес решение следующих задач:

1. Скатие информации, содержащейся в показателях, ха-

¹⁷ Кендалл М., Стюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. М., "Наука" 1976, с. 419.

¹⁸ См. например, работы Г. Хармана. Современный факторный анализ. М., "Статистика", 1972.
К. Ибберта. Факторный анализ. - М.: Статистика, 1980.

характеризующих изучаемое экономическое явление или процесс.¹⁹

Синтетические показатели могут быть новыми более информативными показателями, облегчающими проведение аналитической работы. Показатели, агрегирующие разные стороны производственного процесса в анализе хозяйственной деятельности, с успехом можно использовать для анализа явлений и процессов, непосредственно неизмеримых на практике. Например, при изучении факторов производительности труда на предприятиях традиционно выявляются и анализируются такие непосредственно неизмеримые показатели как уровень управления и техники, степень прогрессивности применяемой технологии, уровень организации труда и производства и т.д.

2. Нахождение распределения хозяйственных объектов на группы по различным признакам.²⁰ Например, при реконструкции действующих предприятий необходимо комплексно оценивать технический и технологический уровень этих предприятий, важность выпускаемой продукции, учитывать социально-экономические и др. показатели с тем, чтобы выявить те группы предприятий, среди которых наиболее целесообразно распределить имеющиеся ограниченные ресурсы.

3. Проведение комплексного анализа динамических процессов. Например, можно анализировать использование рабочего времени в течение относительно длительного периода времени как в ретроспективном, так и перспективном аспекте, выявляя при этом основные тенденции поведения экономических показателей.

По результатам факторного анализа, проведенного на кафедре экономической кибернетики и статистики Тартуского государственного университета, внедрены конкретные предложения на предприятиях легкой промышленности и на некоторых машиностроительных заводах ЭССР, вследствие чего сокращены потери рабочего времени по такому показателю как "цельносменные потери по заболеваемости" примерно на I-I,5% только за счет улучшения условий труда работающих.

4. Получение обобщающей оценки производственно-хозяйст-

¹⁹ Шеремет А., Кару Я. Методы современного факторного анализа в изучении хозяйственной деятельности. - "Экономические науки", 1976, № 9.

²⁰ Айвазян С.А., Бежаева В.И., Староверов О.В. Классификация многомерных наблюдений. М., "Статистика", 1974.

венной деятельности как в комплексе²¹, так и по отдельным аспектам. Например, можно оценивать эффективность хозяйственной деятельности, а также подводить итоги социалистического соревнования.²²

5. Комбинирование методов факторного анализа с другими экономико-статистическими методами. Например, методы факторного анализа можно успешно комбинировать с регрессионными методами; с методами спектрального и гармонического анализа, с различными методами прогнозирования.

По данным предприятий текстильной промышленности ЭССР, путем применения методов факторного и гармонического анализов удалось проанализировать использование рабочего времени за будущие периоды и уточнить методику планирования потерь рабочего времени.

При совершенствовании постановок аналитических задач для ФА можно руководствоваться схемой в случаях, когда: 1/ применяются различные техники ФА и сравниваются результаты с точки зрения качества и целесообразности; 2/ решаются задачи, соответствующие блокам комплексного экономического анализа; 3/ решаются задачи, соответствующие внутриблоковым проблемам, но с учетом связей с другими блоками комплексного экономического анализа. Например, получение обобщающей оценки эффективности деятельности предприятия и анализ образования и использования фондов экономического стимулирования можно рассматривать как один блок, но по существу он охватывает весь комплекс блоков анализа и связи между наиболее представительными показателями.

Дальнейшее развитие ФА идет по пути совершенствования постановок аналитических задач, исходной информационной базы и самого алгоритма метода.

Одно направление совершенствования применения ФА связано с исследованием нелинейных явлений и процессов. Применяя модификации ФА или же процедуру формирования новых признаков, мы получаем возможность учитывать и параболические, гиперболические связи, а также связи с насыщениями и т.д.

²¹ Френкель А.А. Обобщенные показатели и их применение в экономике. Экономико-математические исследования затрат и результатов. М., "Наука", 1976, с. 238.

²² Виды экономического анализа, их место и роль в совершенствовании управления промышленным производством. М., изд-во МГУ, 1976, с. 77.

Основное преимущество ФА перед другими методами состоит в возможности анализировать разнородные признаковые системы, часть из которых принадлежит техническим показателям, часть экономическим или социальным, характеризующим личностные качества производственных коллективов. Кроме этого, с помощью ФА возможно объединять показатели, полученные путем измерения, оценок, расчетов, тестов, отчетности, т.е. комплекс показателей, отражающих качественные и количественные аспекты и стороны производства.

При факторном анализе разнородных показателей одна из трудностей состоит в том, что полученный обобщенный фактор содержит в себе причину возникновения явления и информацию о его следствиях. Например, при анализе ритмичности производства и труда временная нетрудоспособность работающих является одной из причин неритмичности производства, а неритмичность в то же время является причиной временной нетрудоспособности.

Анализ таких явлений можно успешно провести с помощью метода блочного факторного анализа.²³ В этом случае производится предварительное разграничение цепей причинно-следственных связей, затем факторы дифференцируются на существенные и несущественные. В процессе дальнейшего анализа принимают участие только первые.

Трансформационный анализ позволяет сравнивать факторные матрицы. Выдвигается гипотеза H_0 , что матрицы факторных нагрузок $A = \{a_{ih}\} (i=1, \dots, n; h=1, \dots, k)$ $B = \{b_{ij}\} (i=1, \dots, n; j=1, \dots, m)$

тождественны. Требуется найти матрицу преобразования $T = \{t_{hj}\}$ ($h=1, \dots, k; j=1, 2, \dots, m$) так, чтобы, умножая исходную матрицу A на T , получили бы вторую матрицу B , т.е. $AT = B$. Выбрав подходящий критерий оценки различия полученной матрицы от матрицы B , можно принять или опровергнуть исходную гипотезу, или же найти такие области факторных матриц, которые являлись бы стабильными относительно преобразования.

²³ Т и т Э.А. Комплексное применение методов многомерного статистического анализа при моделировании сложных систем. - В сб.: Опыт применения прикладных методов математики и вычислительной техники в народном хозяйстве. М., "Статистика", 1976, с. 62.

В экономическом анализе хозяйственной деятельности на микроуровне возникает задача сравнения результатов статистических исследований, проведенных в различные периоды времени. При этом требуется определить, во-первых, различаются ли факторные структуры, комплекс связей между собой и, во-вторых, если в промежуточный период проведены организационно-технические мероприятия, то выявить, на какую сторону производства они будут влиять наиболее существенным образом и каким будет полученный эффект.

Д и с к р и м и н а н т н ы й а н а л и з. Изучаемые экономические объекты редко различаются по величине только одного показателя, обычно существуют различия нескольких признаков. Так, например, оценка эффективности предприятия по себестоимости продукции характеризуется не только показателем полной себестоимости товарной продукции, но и многими другими показателями: себестоимостью валовой продукции, затратами на производство, затратами на 1 рубль товарной продукции и т.д.

Различие в отношении каждого из сопоставляемых параметров может быть незначительным при сравнении различных объектов и может теряться возможность целостной, полной оценки сопоставляемых объектов.

Когда необходимо произвести комплексную комбинированную оценку наличия /отсутствия/ различия у анализируемых объектах по величине нескольких признаков одновременно, можно пользоваться дискриминантным анализом.²⁴ Пусть дано K групп объектов, с количествами n_1, \dots, n_K индивидов, каждый анализируемый объект характеризуется показателем $x = (x_1, \dots, x_m)'$. Пусть $\bar{x}_i = (x_{i1}, \dots, x_{im})'$ арифметическое среднее и S_i ковариационная матрица i -ой группы ($i = 1, \dots, K$).

Необходимо проверить, существует ли значимое различие между группами на основе выделенных характеристик. Для этого рассчитывается расстояние

$$D^2 = \sum_{i=1}^K n_i (\bar{x}_i - \bar{x})' S^{-1} (\bar{x}_i - \bar{x}),$$

где \bar{x} - средний арифметический признак-вектора,

S^{-1} - обратная ковариационная матрица, общая для всех групп.

²⁴ См., например, работу Рао С.Р. Линейные статистические методы и их применение. М., 1968, с.516-522;

На основе статистики $D^2 > \chi^2 (mk-m)$ можно сделать вывод о том, что существуют группы, различающиеся между собой.

В случае положительного ответа необходимо определять наиболее типичные группы, куда входит каждый анализируемый объект. Для этого рассчитывается дискриминантная /разграничительная/ функция

$$f_i(x) = C_{0i} + C_{ji} X_j \quad (i = 1, 2, \dots, k)$$

где

$$C_{ji} = \sum_{h=1}^m S_{jh} \bar{x}_{hi} \quad (j = 1, 2, \dots, m)$$

$$C_{0i} = -\frac{1}{2} \sum_{j=1}^m \sum_{h=1}^m S_{jh} \bar{x}_{ji} \bar{x}_{hi}$$

Определив соответствующий максимальному значению дискриминантной функции индекс K , находим наиболее типичную группу, куда входит данный анализируемый объект.

$$f_K(x) = \max_{1 \leq i \leq k} f_i(x)$$

Для комплексного сравнения большое аналитическое значение имеет также знание вероятности того, что данный индивид входит в группу i . Это дает возможность ранжирования объектов, выделив предварительно наиболее типичную группу или наиболее благоприятную структуру показателей.

Вероятность попадания аналитического объекта в i -ую группу определяется ее функцией плотности p_i для X .

$$p_i(x) = C_e f_i(x),$$

где C - константа, а вероятность определяется соответственно:

$$p(x \in K) = \left\{ \sum_{i=1}^k e^{[f_i(x) - f_K(x)]} \right\}^{-1}$$

Полученную структуру групп и результатов анализа можно проверять повторным дискриминантным анализом.

Дискриминантный анализ можно рассматривать как один из разновидностей методов многомерной классификации.

Задачи применения методов классификации возникают в экономическом анализе довольно часто. Например, при экономическом стимулировании появляется необхо-

димось в дифференциации общетраслевых нормативов по группам предприятий с однородными производственными условиями, а также при межзаводском сравнительном анализе различий в производственных условиях однородных предприятий и т.д.

Развитие методов классификации связано с приложением статистической теории классификации к проблемам распознавания образов и дискриминантному анализу.

"Задача распознавания образов по существу двойственна: с одной стороны, это обучение, т.е. определение областей выборочного пространства, каждая из которых содержит образцы изображений данного класса; с другой, - собственно распознавание образов, т.е. отнесение новых объектов к одному из известных классов. Таким образом, обучение есть кластерный анализ, а образы - кластеры".²⁵

Как видим, в одном случае необходимо предварительно знать структуру групп /таксонов, образов, кластеров/. Если это требование не выполнено, необходимо сгруппировать объекты по какому-нибудь правилу.

Большинство методов классификации основывается на расстоянии, корреляции или же на вводе специальных критериев разграничения объектов. В монографии²⁶ рассмотрены основные методы и алгоритмы классификации многомерных наблюдений. Ряд вопросов, связанных с распознаванием образов, приводится в работах,²⁷ где указывается, что методы классификации целесообразно применять как вспомогательный прием регрессионного анализа для образования однородных совокупностей в качестве исходной информационной базы при обнаружении, что анализируемое множество объектов распадается на подмассивы.

Статистическое моделирование /метод Монте-Карло/. Численный метод моделирования случайных процессов при помощи формирования случайных чисел получил название метода статис-

²⁵ Райская Н.Н., Френкель А.А. Некоторые вопросы кластерного анализа. - В сб.: Вопросы экономико-статистического моделирования и прогнозирования в промышленности. Под ред. Б.Б. Розина. Новосибирск, "Наука", 1970, с. 250.

²⁶ Айвазян С.А., Бежаева З.И., Староверов О.В. Классификация многомерных наблюдений. М., "Статистика", 1974.

²⁷ Распознавание образов при построении экономико-статистических моделей. Новосибирск, "Наука", 1975; Экономико-статистическое моделирование в промышленности. Новосибирск, "Наука", 1977.

тических испытаний или метода Монте-Карло.

Многочисленные алгоритмы, составленные для моделирования систем массового обслуживания, оказываются полезными также для анализа и моделирования производственных процессов.

В анализе хозяйственной деятельности метод Монте-Карло можно рассматривать как метод стохастического факторного анализа.

Для формального описания задачи производственный процесс на предприятии представляется в виде последовательности производственных операций /изготовление заготовок, обработка деталей, сборка изделий, окраска и т.д./. Обработку деталей можно рассматривать как "обслуживание" их соответствующим станком. Таким образом, производственный процесс можно представить в виде многофазной системы массового обслуживания.

Анализируемые показатели для предприятий, выпускающих штучные изделия, могут быть следующие:

- среднее количество готовых изделий за смену, за декаду, за месяц;
- среднее количество нарушений нормального режима процесса, определяемое для каждой из причин, вызывающих нарушение;
- среднее снижение производительности труда, определяемое по каждому фактору, вызывающему снижение производительности труда;
- среднее количество бракованных изделий, определяемое по каждому из факторов, порождающих брак;
- средняя доля бракованных изделий определенного вида за смену.

Кроме того, метод статистического моделирования дает возможность вычислять показатели работы предприятий в заданных условиях и анализировать тенденции поведения показателей в зависимости от изменений в условиях производства. Это особенно ценно для планирования и предварительного анализа.

Многие проблемы применения метода Монте-Карло освещены в работах,²⁸ где приводятся основные алгоритмы, даются методические рекомендации практического пользования.

²⁸ Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М., "Наука", 1968. Бек Н.И., Голенко Д.И. Статистические методы оптимизации в экономических исследованиях. М., "Статистика", 1971.

Методы анализа рядов динамики. Комплексный экономический анализ предполагает, кроме изучения всех аспектов и сторон экономических явлений, исследование динамики протекающих на предприятиях процессов.

Пусть показатель измерен в различные моменты времени t_1, \dots, t_n тогда полученные результаты наблюдения x_1, \dots, x_n образуют двухмерный случайный вектор.

Целью анализа временного ряда является изучение его значения в зависимости от времени, выявления характера изменений, прогнозирование значения временного ряда в будущие периоды $(n+1, n+2, \dots)$ и также определение структуры взаимосвязей между отдельными рядами или их частями.

Решение этих задач возможно с помощью всех методов анализа, предназначенных для изучения двух признаков систем, в том числе таких общеизвестных, как регрессионные методы, факторный анализ и т.д.

В экономических временных рядах предполагается, что они сохраняют свои динамические свойства и характер поведения, и поэтому появляется возможность расчленить ряд на составляющие и анализировать их отдельно с помощью различной аппаратуры, разработанной специально для изучения рядов динамики. Методический арсенал экономиста-аналитика в этой области должен содержать различные методы экстраполяции, основанные на постоянстве арифметического среднего, приростов, на основе множества функций и т.д.

В последнее время появились работы, использующие методы гармонического анализа, спектрального анализа,²⁹ различных методов теории случайных процессов.³⁰ Очень полезными являются, особенно при кратковременном прогнозировании, специальные методы, из которых можно назвать метод 3-х параметров,³¹ учитывающий различные факторы при формировании рядов динамики.

Перечисленное является только частью из множества различных подходов к анализу рядов динамики. Во многих случаях

²⁹ Гренджер К., Хатанака М. Спектральный анализ временных рядов в экономике. М., 1972.

³⁰ Кобринский М.Е. Информационные фильтры в экономике. М., "Статистика", 1975.

³¹ Сайфулин Р.С. Метод 3-х параметров. Программы решения экономических задач на ЭВМ. Под ред. М.К. Рахманова, вып. II, М., 1971.

оказывается полезным сочетание различных методик, например, авторегрессивные модели типа Марковских цепей и т.д. Рассмотрение этих вопросов не является целью этой работы.

Применение многих статистических методов связано с рядом трудностей использования их в экономическом анализе. Главной причиной этого является нечеткая постановка задачи исследования и недостаточное понимание конечной цели экономико-статистического моделирования на промышленном предприятии.

Применение многих статистических методов не становится инструментом управления, а остается просто еще одним комментарием к существующему положению вещей.

Для того, чтобы устранить эти трудности, необходимо прежде всего определить множество экономических явлений, отражающих их показатели, систему аналитических задач, в изучении которых статистический подход правомерен и необходим.

Приведенные задачи должны регулярно решаться на промышленных предприятиях, а методы математической статистики должны найти свое постоянное место как в методиках по экономическому анализу, так и в повседневной работе экономиста-аналитика.

A SYSTEMATIZATION OF METHODS OF ECONOMY-STATISTICAL RESEARCH AND TASKS OF ANALYSIS OF ECONOMIC ACTIVITY

J. Karu

S u m m a r y

1. The mathematico-statistical software, frequently used nowadays in the analysis of economic activity is systematized in this paper. The most frequent tasks one must solve in the different approaches economic analysis are described. The special attention is called to the methods multidimensional statistical analysis, such as regression, canonical correlation and factor analysis, applied in the research of economic activities of enterprise.

2. The methods of primary statistical data processing, of control of set-up hypothesis, of correlation and statistical modelling as well as the methods for studying the time series represented.

3. The number of principal models of described methods and literature sources are given for studying and practical use.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ И ФУНКЦИЙ РОСТА ПРИ АНАЛИЗЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Я.Я.-Ф. Вайну

Кафедра экономической кибернетики и статистики
Тартуского государственного университета

I. Статистическое моделирование экономических явлений в настоящее время широко распространено. Важным инструментом анализа в арсенале статистических моделей является производственные функции, характеризующие связь между результатом и факторами производственной деятельности.

Наиболее часто при анализе пользуются функциями, в которых связывают объем продукции с основными фондами и показателем труда. Мы считаем, что этого для анализа эффективности производства недостаточно. Одним из важнейших показателей результата производственной деятельности являются прибыль и себестоимость, образующие с объемом продукции замкнутую систему. Следовательно, необходимо включение прибыли и себестоимости в круг результативных показателей.

С точки зрения анализа, важно также исследование абсолютных приращений результативных показателей. В этих целях пригодны линейные функции роста, связывающие приращения результативного показателя с приращениями факторных показателей. Функции роста позволяют проанализировать влияние экстенсивных и интенсивных факторов развития производства.

Таким образом, для комплексного анализа необходимо построение шести моделей:

$P = f / C, T /;$	/1/
$K = f / C, T /;$	/2/
$O = f / C, T /;$	/3/
$P = f / \Delta C, \Delta T /;$	/4/
$K = f / \Delta C, \Delta T /;$	/5/
$O = f / \Delta C, \Delta T /;$	/6/

где: P - объем продукции;

K - прибыль;

O - себестоимость продукции;

C - стоимость основных фондов и нормированных оборотных средств;

T - показатель труда;

Δ - абсолютный прирост.

2. Конкретные производственные функции могут иметь различные формы, важнейшими из которых будут следующие:

1/ Линейная функция

$$q = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2, \quad /7/$$

являющаяся простейшей формой связи. Она характеризует постоянную пропорциональность замены одного фактора другим, независимо от масштаба производственных издержек.

2/ Квадратная функция

$$q = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_{11} x_1^2 + a_{12} x_1 x_2 + a_{22} x_2^2, \quad /8/$$

которая дает достоверные результаты только при выполнении условий

$$\begin{aligned} a_1 > 0; \quad a_2 > 0; \quad a_{12} > 0; \\ a_{11} < 0; \quad a_{22} < 0; \quad a_{12}^2 < a_{11} a_{22}. \end{aligned}$$

Квадратная функция позволяет найти такие комбинации факторов, при которых достигается максимальный объем производства.

3/ Степенная функция

$$q = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2}, \quad /9/$$

которую можно преобразовать в линейную путем прологарифмирования. Степенная функция является наиболее широко используемой формой производственной функции.

4/ функция с постоянной эластичностью замены

$$q = a_0 \left[k x_1^{-a_1} + (1 - k) x_2^{-a_1} \right]^{-a_2/a_1}. \quad /10/$$

Последняя функция используется сравнительно редко в практике, так как определение неизвестных параметров a_0 , a_1 , a_2 , k является трудоемким /см. I, стр. 51/.

3. В настоящей статье мы ограничимся рассмотрением функций /7/ и /9/, построенных на основе рядов динамики. Определение их параметров возможно таким образом, что:

а/ используются динамические ряды без всякой обработки;

б/ используются отклонения от тенденций, не исследованные в отношении гармонических составляющих;

в/ используются отклонения от тенденций и гармонических составляющих;

г/ сумма коэффициентов эластичности равняется единице для обеих моделей.

Результаты анализа существенно зависят от методики построения модели.

4. Рассмотрим построение производственных функций и анализ эффективности производства по данным Тартуского опытного завода сельскохозяйственных машин "Выт" за 1964-1976 гг.

Линейная модель, построенная на основе динамических рядов без всякой обработки, имеет вид:

$$\begin{aligned} P &= 10,1362 - 0,3938 C - 0,0072 T; & /II/ \\ R &= 0,72604, \end{aligned}$$

где P - объем валовой продукции /млн. руб./;

C - объем основных производственных фондов и нормированных оборотных средств /млн. руб./;

T - численность промышленно-производственного персонала /чел./;

R - индекс корреляции.

Начальные данные содержат ярко выраженные линейные тенденции; P - к увеличению, C - к увеличению, T - к уменьшению. Таким образом, функция /II/ не является достоверной моделью уже потому, что коэффициент a_1 имеет отрицательное значение.

Линейная модель, построенная на основе динамических рядов без обработки, при условии, что сумма коэффициентов эластичности равняется единице, имеет вид:

$$\begin{aligned} P &= -0,03128 + 1,4047 C + 0,00088 T; & /I2/ \\ R &= 0,84138. \end{aligned}$$

Судя по коэффициенту корреляции, модель /I2/ описывает связь между исследуемыми явлениями уже точнее; коэффициент a_2 является положительным, что противоречит характеру исходной информации.

Линейная модель, построенная по отклонениям от линейных тенденций, имеет вид:

$$\begin{aligned} P &= -18,9825 + 0,1477 C + 6,8289 T + 375,4923 t; & /I3/ \\ R &= 0,98541, \end{aligned}$$

где t - время.

Модель, построенная по отклонениям от тенденций, не налагает ограничений на коэффициенты регрессии. Высокое значение индекса корреляции показывает, что модель /I3/ имеет существенно меньшую остаточную дисперсию, чем модели /II/ и

/12/. В данном случае представляет интерес еще факт, что модель /12/ аппроксимирует исследуемое явление точнее, чем модель /11/. Влияние ограничений на коэффициенты статистических моделей является пока еще не исследованной проблемой, но в настоящей статье мы ограничиваемся лишь указанием на ее наличие.

Модель по отклонениям от тенденций при условии, что сумма коэффициентов эластичности равняется единице, имеет вид:

$$P = 12,4196 + 0,1480 C + 6,7763 T + 374,1229 t \quad /14/$$

$$R = 0,9856.$$

Различие моделей /13/ и /14/ незначительное.

Построить степенную модель по логарифмам начальных данных не удалось из-за сильной мультиколлинеарности - значение определителя матрицы нормальных уравнений равно - 0,4.

Степенная модель, построенная по отклонениям от линейных тенденций логарифмов, имеет вид:

$$P = 0,16175 \cdot C^{0,4152} \cdot T^{1,0836} \cdot e^{0,0764 t}, \quad /15/$$

$$R = 0,9564.$$

Степенная модель по отклонениям от линейных тенденций логарифмов, при условии, что сумма коэффициентов эластичности равна единице, имеет вид:

$$P = 5,37576 \cdot C^{0,2134} \cdot T^{0,7866} \cdot e^{0,0711 t}, \quad /16/$$

$$R = 0,98231.$$

Хотя высокие значения коэффициентов корреляции показывают, что обе модели аппроксимируют исследуемое явление достаточно точно, коэффициенты регрессии существенно различаются.

5. Для анализа производства очевидно пригодны функции /13/-/16/. Определим следующие аналитические показатели, значения которых представим в таблице I:

- 1/ предельные производительности факторов, $\frac{\partial q}{\partial x_i}$;
- 2/ предельные нормы замены факторов, $\frac{dx_i}{dx_j}$;
- 3/ коэффициенты эластичности, E_i .

Таблица I

Аналитические показатели производственных функций

<div> <div>Показатель</div> <div>Модель</div> </div>	/I3/	/I4/	/I5/	/I6/
$\partial P / \partial C$	0,1447	0,1480	0,6606	0,3396
$\partial P / \partial T$	6,8289	6,7763	8,0878	5,8710
$\partial C / \partial T$	-47,1935	-45,7858	-12,2425	-17,2909
$\partial T / \partial C$	-0,0212	-0,0218	-0,0817	-0,0578
E_c	0,0909	0,0930	0,4152	0,2134
E_T	0,9149	0,9070	1,0836	0,7866
ΣE	1,0058	1,0000	1,4988	1,0000

Теперь исследователь находится в трудном положении, так как не существует строгого критерия выбора наилучшего из полученных вариантов. Функции /I3/ и /I4/ не различаются особенно между собой, т.е. если считать предельные производительности факторов постоянной величиной в течение исследуемого периода, было бы вполне оправдано применение одной из них основой для выводов. В действительности предельные производительности факторов являются переменными величинами и лишь при относительном постоянстве их оправдано применение линейных функций. На заводе "Вит" в течение периода 1964-1976 гг. объем продукции увеличился до 200,12%, объем основных производственных фондов и нормированных оборотных средств - до 140,61%, численность промышленно-производственного персонала уменьшилась на 34,36%. Средняя выработка в это же время увеличилась до 304,40%, фондоотдача - до 142,33% и фондовооруженность труда - до 213,88%. Это говорит уже об увеличении предельных производительностей. Следовательно, функции /I5/ и /I6/ точнее характеризуют поведение комплекса исследуемых явлений.

Таким образом, осталось две функции, которые возможно принять за основу анализа. Применение одной или другой из них зависит уже от конкретных целей исследователя. Функция /I5/ указывает на развивающийся технический прогресс, функция /I6/ предполагает наличие нейтрального технического прогресса. Поэтому мы считаем, что в данном случае целесообраз-

нее применение функции /15/.

6. В целях углубленного анализа производства построим еще функцию роста /2/:

$$\tilde{r} = \alpha c + \beta v + \gamma, \quad /17/$$

$$\text{где } p = \frac{P(t)}{P(t-1)}; \quad c = \frac{C(t)}{C(t-1)}; \quad v = \frac{T(t)}{T(t-1)};$$

При помощи функции роста можно выявить влияние различных факторов на рост объема продукции.

1/ удельный вес экстенсивных факторов

$$\frac{\kappa c + (1-\kappa)v}{\tilde{r}}, \quad \left(\kappa = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right), \quad /18/$$

в том числе:

а/ удельный вес изменения физического объема производственных фондов

$$\frac{\kappa c}{\tilde{r}}, \quad /19/$$

б/ удельный вес изменения численности работающих

$$\frac{(1-\kappa)v}{\tilde{r}}, \quad /20/$$

2/ удельный вес интенсивных факторов производства

$$\frac{(\alpha - \kappa)c + [\beta - (1 - \kappa)]v}{\tilde{r}}, \quad /21/$$

в том числе:

а/ удельный вес интенсификации использования производственных фондов

$$\frac{(\alpha - \kappa)c}{\tilde{r}}, \quad /22/$$

б/ удельный вес интенсификации использования рабочей силы

$$\frac{[\beta - (1 - \kappa)]v}{\tilde{r}}, \quad /23/$$

3/ суммарный удельный вес влияния производственных фондов

$$\frac{dc}{\bar{r}} ;$$

/24/

4/ суммарный удельный вес влияния рабочей силы

$$\frac{b\bar{r}}{\bar{r}} ;$$

/25/

5/ удельный вес неидентифицированных /неучтенных в модели/ факторов

$$\frac{\bar{r}}{\bar{r}} .$$

/26/

Функция роста объема продукции по данным 1965-1976 г. имеет вид:

$$p = - 0,0095764 c + 0,66422 v + 8,378561$$

/27/

Анализ функции роста /27/ по формулам /18/-/26/ дал следующие результаты.

Удельный вес экстенсивных факторов в росте продукции составил - 58,117%, в том числе удельный вес изменения физического объема производственных фондов - 0,694% и удельный вес изменения численности работающих - 57,423%. Отрицательное значение влияния экстенсивных факторов вызвано тем, что численность промышленно-производственного персонала сократилась более, чем на одну треть. Если бы численность работающих не изменилась, объем продукции на заводе "Вийт" мог бы быть на 57,423% больше действительного. Отрицательное значение влияния изменения физического объема производственных фондов указывает на относительный излишек, т.е. объем производственных фондов увеличился быстрее, чем возможность их использования.

Удельный вес интенсификации производства составил 20,071%, в том числе интенсификация использования производственных фондов - 0,24% и интенсификация использования рабочей силы - 19,831%. Эти показатели уже прямо характеризуют производственную деятельность завода с положительной стороны.

Суммарный удельный вес влияния производственных фондов составил - 0,455%. Причина отрицательного значения показате-

ля была указана выше: на заводе имеются производственные фонды, которые в производстве не используются.

Суммарный удельный вес влияния рабочей силы составил - 37,592%, т.е. увеличение производительности труда не покрывало отрицательного влияния уменьшения численности работающих.

Удельный вес влияния неидентифицированных факторов составил 138,05%, что указывает на существование факторов, не учтенных при данном анализе, но существенно влияющих на показатель объема продукции. Можно полагать, что здесь имеется дело со структурными сдвигами в составе продукции в сторону более дорогих видов. Правильность поставленной гипотезы легко проверяется анализом себестоимости и прибыли.

7. Если сравнить аналитические показатели функции /15/ /см. табл. I/ с результатами анализа функции роста /27/, становится очевидно, что функции дают как будто различные результаты. Действительно, коэффициент эластичности производственных фондов показывает, что при однопроцентном увеличении производственных фондов объем продукции увеличивается на 0,4152%. Функция роста в то же время показывает, что суммарный удельный вес влияния производственных фондов составил - 0,455% в течение всего исследуемого периода. Такое кажущееся расхождение обусловлено различными содержаниями самих функций. Производственная функция характеризует параллельное изменение исследуемых явлений, функция роста - количественные результаты изменений. Поэтому применение обеих функций дает исследователю более ясное представление о сущности и связанности исследуемых явлений.

Проведем теперь аналогичный анализ прибыли и себестоимости.

8. Производственная функция прибыли имеет вид

$$K = 1109,17 C^{-0,6462} \cdot T^{1,8233} \cdot e^{0,2098t}, \quad /28/$$
$$R = 0,9402.$$

Предельная производительность производственных фондов $\partial K / \partial C = -0,1978$ показывает, что наряду с увеличением фондов на 1000 руб. прибыль уменьшилась на 197,8 рубл. Предельная производительность промышленно-производственного персонала $\partial K / \partial T = 2,6174$ показывает, что наряду с уменьшением численности работающих на 1 человека прибыль увеличилась на 2617,4 руб.

Предельная норма замены труда фондами $dc/dT = 1,6625$ показывает, что при уменьшении промышленно-производственного персонала на 1 человека на предприятия останутся лишние производственные фонды в размере 1662,5 руб.

Предельная норма замены производственных фондов работающими $dT/dc = 0,6015$ показывает, что при увеличении производственных фондов на 1000 руб. необходимо дополнительно 0,6015 работающих.¹

Сумма коэффициентов эластичности $\sum E = 1,1771$ показывает, что при одновременном изменении факторов на 1% прибыль увеличится на 1,1771%.

Функция роста прибыли имеет вид

$$K = -2,1441 C - 3,9043 B + 23,8258 \quad /29/$$

Удельный вес экстенсивных факторов в росте прибыли составил - 3,851%, в том числе удельный вес изменения физического объема производственных фондов - +3,288% и удельный вес изменения численности работающих - 7,139%. Численность работающих весьма подвижна и, конечно, уменьшение числа работающих влияет отрицательно на прирост прибыли.

Удельный вес интенсификации производства составил 27,142%, в том числе интенсификация использования производственных фондов составила - 23,175% и интенсификация использования рабочей силы - 50,317%. Последние показатели еще раз подтверждают существенную роль работающих в получении прироста прибыли.

Удельный вес неидентифицированных факторов составил 76,708%.

Производственная функция себестоимости валовой продукции имеет вид

$$O = 84502,4 \cdot C^{-0,9652} \cdot T^{0,9104} \cdot e^{0,0944t} \quad /30/$$

$$R = 0,7438\%$$

Как показывает индекс корреляции, себестоимость связана с основными факторами производства слабее, чем объем продукции и прибыль.

Сумма коэффициентов эластичности $\sum E = -0,2548$ является отрицательной, т.е. увеличению факторов на 1% соответствует уменьшение себестоимости на 0,255%.

¹ Положительные значения предельных норм показывают, что производственные факторы должны изменяться в одном и том же направлении.

Предельная производительность производственных фондов $\partial\sigma/\partial C = 1,2658$ показывает, что увеличению производственных фондов на 1000 руб. соответствовало уменьшение себестоимости на 1265,8 руб.

Предельная производительность работающих $\partial\sigma/\partial T = 4,3702$ показывает, что увеличению численности работающих на 1 человека соответствовало увеличение себестоимости на 4730,2 руб.

Предельная норма замены рабочей силы производственными фондами $-dC/dT = 3,4525$ означает, что наряду с увеличением числа работающих на 1 чел. необходимо увеличить объем производственных фондов на 3452,5 руб., чтобы себестоимость осталась неизменной.

Предельная норма замены производственных фондов рабочей силой была равна $-dT/dC = 0,2896$.

Функция роста себестоимости имеет вид:

$$o = 0,2981 c + 0,4653 z + 4,643. \quad /31/$$

Удельный вес экстенсивных факторов в приросте себестоимости составил - 24,618%, в том числе удельный вес увеличения физического объема производственных фондов составил 28,589% и удельный вес изменения числа работающих - -53,207%.

Удельный вес интенсификации производства в приросте продукции составил 5,826%, в том числе удельный вес интенсификации использования производственных фондов составил - 6,764% и удельный вес интенсификации использования рабочей силы - 12,59%.

Удельный вес неидентифицированных факторов составил 117,99%.

За счет производственных фондов было получено из прироста себестоимости 21,824%, за счет рабочей силы имело место уменьшение прироста себестоимости на 40,617%.

9. Какие выводы можно теперь сделать об эффективности производства на заводе?

Характеристики влияния экстенсивных факторов показывают, что отдача производственных фондов при получении прибыли и продукции отстает от увеличения их физического объема, и, конечно, это способствует увеличению себестоимости. Положительное влияние уменьшения численности промышленно-производственного персонала говорит о существенном увеличении производительности труда, что, очевидно, связано с увеличением фондовооруженности. Построенные модели имеют высокие коэф-

коэффициенты эластичности при увеличении численности работающих. Это говорит о том, что для увеличения объема производства и прибыли целесообразно увеличение численности работающих, так как можно полагать, что на предприятии основных фондов больше, чем работающие способны использовать. Дальнейшее увеличение объема производственных фондов можно считать нецелесообразным.

Таким образом, на заводе "Вийт" эффективность использования рабочей силы повысилась, но этого нельзя сказать о производственных фондах. Кроме того, большую роль в приросте продукции и прибыли играют неидентифицированные факторы (можно полагать, что основными из них являются структурные сдвиги в сторону более дорогих и прибылеемких видов продукции).

О повышении эффективности производства предприятия в целом можно говорить лишь в случае, если улучшается использование всех производственных факторов.

Литература

1. Б р а у н. М. Теория и измерение технического прогресса. М., "Статистика", 1971. 208 с.
2. Проблемы применения макроэкономических моделей в планировании (материалы советско-французского симпозиума II-15 октября 1971 г., Париж). М., 1972.

ON THE USE OF PRODUCTION AND GROWTH FUNCTIONS WHEN ANALYZING PRODUCTION EFFICIENCY

J. Vainu

S u m m a r y

The present paper deals with the Cobb-Douglas production function and the use of the growth function, constructed on the basis of the latter, when analyzing the dynamics on such main production indices as the total volume of output, profit and the cost of production. To illustrate the research techniques employed, an example is given based on the data gathered at the "Võit", the Tartu Agricultural Machines Producing Plant.

МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА ВЫПУСКА ПРОДУКЦИИ

И.А. Емельянов

Кафедра учета и анализа хозяйственной деятельности
Московского государственного университета

Комплексный подход к изучению хозяйственной деятельности предприятий предполагает не только рассмотрение всех сторон хозяйственной деятельности, но и изучение экономических процессов и явлений, происходящих на предприятиях, со всеми их закономерностями и особенностями, изучение их динамики. Это особенно важно для анализа экономической перспективы развития предприятия, который изучает с помощью определенной системы показателей производственно-хозяйственную деятельность предприятий в будущих периодах, основываясь на существующих закономерностях и особенностях развития, и который используется при обосновании перспективных планов и выяснении того, насколько текущие планы, их выполнение соответствуют перспективным планам.

Выявление и анализ сложившихся закономерностей и тенденций, оценка их действия в будущем, предвидение новых экономических ситуаций, выявление возможных альтернатив развития в перспективе — задачи прогнозирования. Поэтому прогнозирование является основным методом перспективного анализа.

Исходя из задач перспективного анализа, мы можем следующим образом классифицировать прогнозы:

1/ прогноз, предшествующий разработке плана /используется для обоснования плана/;

2/ прогноз, разрабатываемый в послеплановый период /прогнозируется ход выполнения плана, последствия принятых управленческих решений/.

Прогнозы первого вида мы можем назвать информационными прогнозами, они являются в основном среднесрочными и долгосрочными, т.е. разрабатываются на период в один год и более.

Прогнозы второго вида мы можем назвать контрольными, предупредительными. Они носят краткосрочный характер, то есть разрабатываются на период до одного года.

Для анализа экономической перспективы развития предприятия больший интерес представляет разработка контрольных, пре-

дупредвещающих прогнозов, которые служат средством контроля за ходом выполнения плановых заданий, средством предвидения возможных нарушений в производственно-хозяйственной деятельности. Разработка же информационных прогнозов на уровне предприятий нужна по сути дела только для коррекции контрольных цифр, получаемых предприятием от вышестоящего органа, и на основании которых составляется план. Исходя из этих соображений, далее мы будем рассматривать только контрольные, то есть краткосрочные прогнозы.

Основным видом информации для прогнозирования являются временные ряды и результаты их анализа. Это связано с тем, что, как писал В.И. Ленин, "... если рассматривать какое угодно общественное явление в процессе его развития, то в нем всегда окажутся остатки прошлого, основы настоящего и зачатки будущего".¹

Дадим определение временного ряда. Временным рядом x_t будем называть последовательность значений x_1, x_2, \dots, x_n , каждое из которых относится к некоторому моменту /дискретный временный ряд/ или интервалу времени /непрерывный временной ряд/, и которые, по всей видимости, зависят друг от друга. Мы будем рассматривать только дискретные временные ряды.

Временной ряд, описывающий какой-либо экономический процесс, является как правило структурно неодннократным вследствие качественной неодннократности факторов, под влиянием которых складывается экономический процесс. Например, объем выпуска продукции зависит от производительности труда, фондостдачи, ритмичности производства, численности занятых, уменьшения непредвиденных простоев и т.д. Кроме того, что эти факторы отличаются качественно, различна и степень их влияния на объем выпуска продукции, и влияние это со временем может изменяться.

Структурная неоднородность временного ряда вызывает необходимость его декомпозиции, то есть расщепление временного ряда на составляющие, которые характеризуют влияния различных факторов на ряд. В самом общем виде мы можем разложить временной ряд x_t следующим образом:

$$x_t = f(t) + E_t \quad (1)$$

$$t = 1, 2, \dots, n$$

¹ В.И. Ленин. Полн. собр. соч., т. I, с. 181.

где: X_t - уровни ряда;

$f(t)$ - детерминированная часть ряда /неслучайная функция от времени/;

E_t - случайная составляющая.

В этой модели мы предполагаем, что случайная составляющая E_t не зависит от основных факторов, формирующих временной ряд X_t , то есть не зависит от детерминированной составляющей $f(t)$.

Часто временной ряд можно разложить на следующие компоненты:

$$X_t = f(t) + S_t + E_t \quad (2)$$

где S_t - периодическая компонента, описывающая регулярные колебания, например, сезонность. S_t как и $f(t)$ является детерминированной составляющей.

В модели /2/ предполагается, что все составляющие независимы друг от друга. Однако на практике чаще встречаются временные ряды, в которых структурные составляющие взаимосвязаны. Например, для многих временных рядов среднее значение не является постоянным, а увеличивается, отражая поступательное развитие экономики. Вместе с увеличением среднего значения могут увеличиваться и отклонения от него. Взаимосвязь эту мы можем отразить в следующей модели:

$$X_t = f(t) \cdot (1 + S_t) + E_t \quad (3)$$

В этой модели амплитуда колебаний периодической компоненты S_t пропорциональна $f(t)$.

И, наконец, может иметь место смешанная модель вида /4/:

$$X_t = f(t) \cdot (1 + S_t) + U_t + E_t \quad (4)$$

где U_t - периодическая составляющая, не зависящая от $f(t)$.

Во всех перечисленных выше моделях $f(t)$ характеризует основные закономерности развития изучаемого ряда. Эту составляющую мы будем называть трендом.

Задача выделения тренда решается в основном с помощью сглаживания временного ряда по аналитическим функциям, с помощью скользящей средней и т.д. При этом опираются на знание политэкономической сущности явления или используют частотный подход. Например, если мы рассматриваем временной ряд пока-

зателя производительности труда, то мы можем опираться при решении задачи выделения тренда на тот факт, что неуклонный рост производительности общественного труда является одной из закономерностей развития социалистического производства. Это выражается в том, что темп роста производительности труда должен быть больше единицы. Это обстоятельство предопределяет выбор аппроксимирующей функции, которая сгладит наш ряд и опишет тренд. В качестве такой функции мы можем взять показательную функцию $f(t) = a_0 \cdot a_1^t$ которая характеризует постоянный относительный рост, равный a_1^t единицам, или экспоненциальную функцию $f(t) = e^{a_0 + a_1 t}$ которая обладает тем же свойством.

Частотный или спектральный подход основывается на том предположении, что составляющие временного ряда разнесены по частотам. Низкочастотные составляющие относятся к тенденции процесса, а высокочастотные - к случайной составляющей. При этом для разных временных рядов понятие "высокочастотной" и "низкочастотной" составляющей разные. Например, для временного ряда, состоящего из месячных данных за 5 лет /то есть $n = 60$ /, к тенденции можно отнести те составляющие, которые имеют частоту от $1/n$ до $5/n$, то есть частота изменения которых больше или равна одному году, но для временного ряда, состоящего из годовых значений, эти составляющие уже не будут низкочастотными.

Рассмотрим пример сглаживания временного ряда.

На заводе ежемесячно рассчитывается показатель валовой продукции в оптовых ценах предприятий на I.7.67 г. В табл. I приведены значения этого показателя по месяцам за 1971-1975 гг.; графическое изображение ряда дано на рисунке I.

В социалистическом обществе действует закон непрерывности роста общественного производства. Это означает, что темпы роста производства, в частности, темпы роста валовой продукции должны быть больше единицы. Таким образом, тренд временного ряда валовой продукции (X_t) мы можем описать с помощью показательной функции $f(t) = a_0 \cdot a_1^t$ (5), которая характеризует постоянный относительный рост, равный a_1^t единицам.

Совершенно очевидно, что те факторы, под влиянием которых формируется эта закономерность, влияют и на отклонения от нее. Например, изменение остатков незавершенного производства является одним из факторов, формирующих тренд, но в

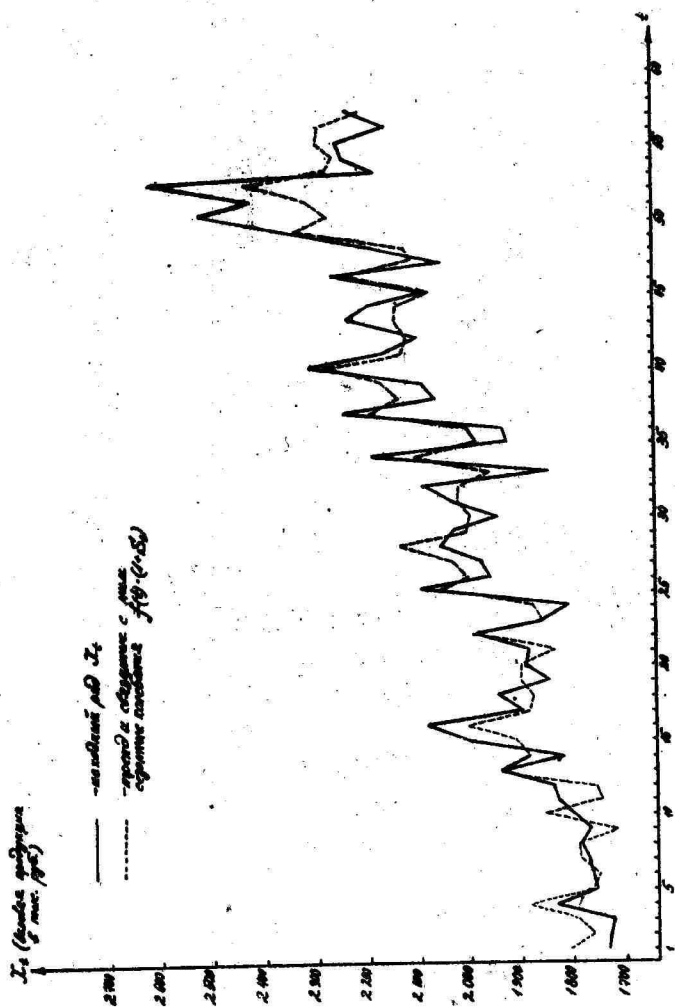


FIG. 1

Таблица I

Валовая продукция в оптовых ценах предприятий
на 1.7.67 г.

тыс.руб.

Год месяц	1971 г.	1972 г.	1973 г.	1974 г.	1975 г.
I	1735,3	1934,7	2091,4	2250,2	2372,5
2	1734,1	1822,0	1958,6	2068,0	2522,7
3	1725,4	2031,3	1967,5	2092,1	2427,8
4	1830,5	2077,0	2057,5	2323,1	2617,5
5	1752,7	1896,9	2030,7	2174,6	2192,2
6	1756,2	1942,9	1939,5	2103,3	2256,5
7	1766,8	1840,4	2037,9	2241,8	2270,3
8	1770,5	1889,6	2091,8	2202,9	2173,9
9	1761,8	1875,3	1837,3	2094,0	2252,3
10	1797,9	1975,2	2189,1	2270,4	
11	1831,8	1851,8	1921,4	2058,2	
12	1840,0	1804,4	1925,5	2194,6	

то же время это изменение может быть периодичным; численность занятых тоже определяет объем производимой продукции, но она колеблется /отпуска, болезни и пр./.

Таким образом, в первом приближении временной ряд валовой продукции мы можем представить с помощью модели /3/

$$x_t = f(t) \cdot (1 + s_t) + E_t,$$

где $f(t) \cdot (1 + s_t) = \bar{x}_t$ - тренд и связанные с ним колебания. Определение этой структурной составляющей упростится, если ее прологарифмировать

$$\begin{aligned} \lg \bar{x}_t &= \lg \{f(t) \cdot (1 + s_t)\} = \lg f(t) + \lg s_t = \lg(a_0 \cdot a_1^t) + \lg s_t = \\ &= \lg a_0 + t \lg a_1 + \lg s_t \end{aligned} \quad (6)$$

В формуле /6/ тренд и сезонные колебания независимы и определяются отдельно.

Параметры тренда a_0 и a_1 определяются с помощью метода наименьших квадратов. Для вычислений удобно вести отсчет временных точек не от начала ряда, а от его середины, т.е. в нашем случае берем $t = -28, \dots, -1, 0, 1, \dots, 28$. Тогда параметры a_0 и a_1 можно определить следующим образом:

Таблица 2

t	$\lg X_t$	t	$\lg X_t$
-28	3,2393	I	3,2876
-27	3,2390	2	3,3092
-26	3,2368	3	3,3205
-25	3,2627	4	3,2641
-24	3,2438	5	3,3403
-23	3,2445	6	3,2835
-22	3,2472	7	3,2844
-21	3,2482	8	3,3522
-20	3,2460	9	3,3156
-19	3,2548	10	3,3205
-18	3,2630	11	3,3661
-17	3,2648	12	3,3375
-16	3,2867	13	3,3228
-15	3,2606	14	3,3506
-14	3,3077	15	3,3430
-13	3,3174	16	3,3209
-12	3,2781	17	3,3560
-11	3,2885	18	3,3135
-10	3,2648	19	3,3414
-9	3,2765	20	3,3751
-8	3,2730	21	3,4019
-7	3,2956	22	3,3852
-6	3,2677	23	3,4177
-5	3,2562	24	3,3408
-4	3,3203	25	3,3534
-3	3,2920	26	3,3560
-2	3,2938	27	3,3373
-1	3,3132	28	3,3526
-0	3,3077		

n	$\Sigma \lg X_t$	$\Sigma t \lg X_t$	Σt^2	$\lg a_0$	$\lg a_1$
57	188,3396	36,321	15428,0	3,3042	0,002354

Таблица 3

t	$\lg f(t)$
-28	3,2383
-27	3,2406
-26	3,2430
-25	3,2453
-24	3,2477
-23	3,2501
-22	3,2524
-21	3,2548
-20	3,2571
-19	3,2595
-18	3,2618
-17	3,2642
-16	3,2665
-15	3,2689
-14	3,2712
-13	3,2736
-12	3,2759
-11	3,2783
-10	3,2807
-9	3,2830
-8	3,2854
-7	3,2877
-6	3,2901
-5	3,2924
-4	3,2948
-3	3,2971
-2	3,2995
-1	3,3018
0	3,3042

t	$\lg f(t)$
1	3,3065
2	3,3089
3	3,3113
4	3,3136
5	3,3160
6	3,3183
7	3,3207
8	3,3230
9	3,3254
10	3,3277
11	3,3301
12	3,3324
13	3,3348
14	3,3372
15	3,3396
16	3,3419
17	3,3442
18	3,3466
19	3,3489
20	3,3513
21	3,3536
22	3,3560
23	3,3583
24	3,3607
25	3,3630
26	3,3654
27	3,3678
28	3,3701

Таблица 4

t	$\lg V_t - \lg X_t - \lg f(t)$	t	$\lg V_t - \lg X_t - \lg f(t)$
I	0,0010	30	-0,0189
2	-0,0016	31	0,0003
3	-0,0062	32	0,0092
4	0,0173	33	-0,0495
5	-0,0039	34	0,0243
6	-0,0056	35	-0,0348
7	-0,0052	36	-0,0363
8	-0,0066	37	0,0292
9	-0,0111	38	-0,0098
10	-0,0047	39	-0,0072
11	0,0012	40	0,0360
12	0,0006	41	0,0050
13	0,0202	42	-0,0120
14	-0,0083	43	0,0134
15	0,0365	44	0,0035
16	0,0438	45	-0,0210
17	0,0021	46	0,0118
18	0,0102	47	-0,0331
19	-0,0159	48	-0,0075
20	-0,0055	49	0,0238
21	-0,0124	50	0,0484
22	0,0079	51	0,0292
23	-0,0224	52	0,0594
24	-0,0362	53	-0,0199
25	0,0255	54	-0,0096
26	-0,0051	55	-0,0094
27	-0,0057	56	-0,0305
28	-0,0113	57	-0,0175
29	0,0035		

Таблица 5

t	$\lg Vt - \lg \bar{V}$	t	$\lg Vt - \lg \bar{V}$
1	0,001395	30	-0,018505
2	-0,001205	31	0,000695
3	-0,005805	32	0,009595
4	0,017695	33	-0,049105
5	-0,003505	34	0,024695
6	-0,005205	35	-0,034405
7	-0,004805	36	-0,035905
8	-0,006205	37	0,029595
9	-0,010705	38	-0,009405
10	-0,004305	39	-0,006805
11	0,001595	40	0,036395
12	0,000995	41	0,005395
13	0,020595	42	-0,011605
14	-0,007905	43	0,013795
15	0,036895	44	0,003895
16	0,044195	45	-0,020605
17	0,002495	46	0,012195
18	0,010595	47	-0,032705
19	-0,015505	48	-0,007105
20	-0,006105	49	0,024195
21	-0,012005	50	0,048695
22	0,008295	51	0,029595
23	-0,022005	52	0,059795
24	-0,035805	53	-0,019505
25	0,025895	54	-0,009205
26	-0,004705	55	-0,009005
27	-0,005305	56	-0,030105
28	-0,010905	57	-0,017105
29	0,003895		

$$\lg a_0 = \sum_{t=-28}^{+28} \lg x_t / n,$$

$$\lg a_1 = \sum_{t=-28}^{+28} t \lg x_t / \sum_{t=-28}^{+28} t^2,$$

(7).

где x_t - уровни исходного ряда.

Расчет параметров приведен в таблице 2. Имеем следующее уравнение тренда для временного ряда валовой продукции x_t

$$\lg f(t) = 3,3042 + 0,002354 \quad /8/$$

Подставляя в уравнение /8/ $t = -28, -27, \dots, -1, 0, +1, \dots, +28$, определим логарифмы уравнений тренда /см. табл. 3/.

Вычитая из исходного ряда значения тренда, мы получим ряд $\lg v_t$ в котором содержится $\lg St$ /см. табл. 4/. Отсчет временных точек будем вести опять от начала временного ряда.

В этом остаточном ряде $\lg St$ можно выделить простым усреднением отклонений уровней ряда в каждом месяце от среднего значения, т.е. с помощью следующей формулы:

$$\lg St = \sum_{j=1}^m (\lg v_t^j - \lg \bar{v}) / m,$$

$t = 1, \dots, 12$; $j = 1, \dots, m$ - индекс года.

Значения отклонений уровней ряда от средней $\lg v_t^j - \lg \bar{v}$ представлены в табл. 5 / $\lg \bar{v} = -0,000395$ /.

Для января каждого года значение периодической составляющей зависимой от тренда, т.е. $\lg St$ определяется следующим образом:

$$\lg St = /0,001395 + 0,020595 + 0,025895 + 0,029595 + 0,024195/ \quad 5 = +0,020335$$

И т.д. для каждого месяца. В результате имеем следующие значения периодической составляющей $\lg St$ /см. табл. 6/.

Таблица 6

t	$\lg St$	t	$\lg St$	t	$\lg St$
I	0,020335	5	-0,002245	9	-0,021905
2	0,005095	6	-0,006785	10	0,010220
3	0,009715	7	-0,002965	11	-0,021880
4	0,028435	8	-0,005735	12	-0,019455

Таблица 7

t	\bar{x}_t
1	1813,0
2	1761,0
3	1789,0
4	1882,0
5	1760,0
6	1751,0
7	1776,0
8	1774,0
9	1719,0
10	1861,0
11	1738,0
12	1757,0
13	1936,0
14	1879,0
15	1910,0
16	2009,0
17	1878,0
18	1868,0
19	1895,0
20	1893,0
21	1834,0
22	1986,0
23	1855,0
24	1875,0
25	2065,0
26	2005,0
27	2038,0
28	2144,0

t	\bar{x}_t
29	2004,0
30	1995,0
31	2022,0
32	2020,0
33	1957,0
34	2119,0
35	1979,0
36	2001,0
37	2205,0
38	2140,0
39	2175,0
40	2289,0
41	2139,0
42	2128,0
43	2159,0
44	2156,0
45	2089,0
46	2261,0
47	2112,0
48	2135,0
49	2353,0
50	2284,0
51	2321,0
52	2442,0
53	2282,0
54	2272,0
55	2303,0
56	2301,0
57	2229,0

Таблица 8

t	E_t	t	E_t
1	-77,70	29	+26,70
2	-26,90	30	-55,50
3	-63,60	31	+15,90
4	-51,50	32	+71,80
5	-7,30	33	-119,70
6	+5,20	34	+70,10
7	-9,20	35	-57,60
8	-3,50	36	-75,50
9	+42,80	37	+45,20
10	-63,10	38	-72,00
11	+93,80	39	-82,90
12	+83,00	40	+34,10
13	-1,30	41	+35,60
14	-57,00	42	-24,70
15	+121,30	43	+82,80
16	+68,00	44	+46,90
17	+18,90	45	+5,00
18	+74,90	46	+9,40
19	-54,60	47	-53,80
20	-3,40	48	+59,60
21	+41,30	49	+19,50
22	-10,80	50	+238,70
23	-3,20	51	+106,80
24	-70,60	52	+175,50
25	+26,40	53	-89,80
26	-46,40	54	-15,50
27	-70,50	55	-32,70
28	-86,50	56	-127,10
		57	+23,30

Заметим, что значения этой составляющей одинаковы для каждого года и что она вызвана теми же факторами, под влиянием которых складывается основная закономерность $f(t)$ чем и объясняется их взаимосвязь.

Определим теперь $\bar{X}_t = f(t) \cdot (1 + St)$ /см. табл. 7 и рис. I/.

Мы выдвинули предположение, что наш временный ряд X_t описывается моделью /3/

$$X_t = f(t) \cdot (1 + St) + E_t$$

Исходя из этого, случайную составляющую E_t можно определить как

$$E_t = X_t - f(t) \cdot (1 + St) = X_t - \bar{X}_t$$

/см. табл. 8/.

По определению, случайная составляющая временного ряда должна быть высокочастотной. Проверим это. Пропустим ряд E_t через "фильтр" скользящей средней. Применяя этот способ, мы заменим фактические уровни ряда E_t рядом скользящих средних, которые рассчитываются для определенных последовательно подвижных интервалов и относятся к середине каждого из них. В полученном ряде высокочастотные колебания погашаются и выделяются низкочастотные.

На рис. 2 изображен ряд E_t и скользящая средняя, рассчитанная для интервала, равного 12 месяцам /т.к. период изменения значений ряда равен 12 месяцам/. Такая скользящая средняя должна выделить нам составляющие, частота изменения которых больше одного года, т.е. от $5/n$ до $1/n$. Высокочастотные составляющие, имеющие частоту изменения от $6/n$ до $57/n$, учтены нами в St .

Видно, что ряд E_t не есть чисто случайный ряд, т.к. в нем содержатся низкочастотные колебания, носящие циклический характер, которые мы можем отнести к тенденциальным. Т.о. модель нашего ряда X_t теперь выглядит следующим образом:

$$X_t = f(t) \cdot (1 + St) + U_t + E_t,$$

$$t = 1, \dots, n$$

где U_t - периодическая составляющая, выделенная с помощью скользящей средней. U_t можно выделить из E_t и аппроксимировать с помощью конечного ряда Фурье:

$$U_t = a_0 + \sum_{i=1}^m (A_i \cos 2\pi f_i t + B_i \sin 2\pi f_i t),$$

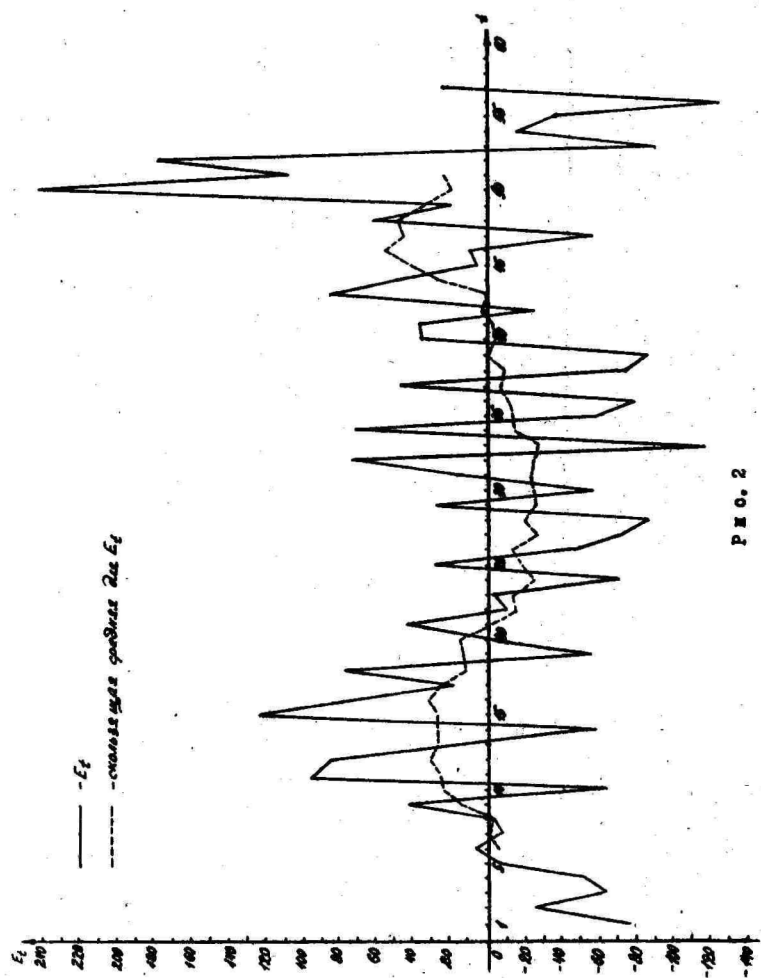


Рис. 2

Таблица 9

a_0	i	1	2	3	4	5
+2,256	A_i	+4,67	-19,43	-10,41	+0,67	-0,43
	B_i	-2,68	-6,14	-3,88	+6,25	+3,27

t	U_t
1	-20,35
2	-16,97
3	-13,30
4	-10,06
5	-6,87
6	-4,29
7	-1,83
8	+0,87
9	+4,21
10	+8,62
11	+12,96
12	+17,79
13	+22,17
14	+25,39
15	+29,57
16	+26,06
17	+23,02
18	+18,03
19	+11,65
20	+4,68
21	-2,05
22	-7,84
23	-12,15
24	-14,82
25	-15,89
26	-15,67
27	-14,61
28	-12,00

t	U_t
29	-11,61
30	-10,33
31	-9,39
32	-8,81
33	-8,54
34	-8,47
35	-8,53
36	-8,61
37	-8,62
38	-8,44
39	-7,80
40	-6,47
41	-4,13
42	-0,54
43	+4,43
44	+10,70
45	+17,87
46	+25,32
47	+32,15
48	+37,44
49	+40,27
50	+40,05
51	+36,51
52	+29,89
53	+20,91
54	+10,56
55	+0,11
56	-9,25
57	-16,57

где:
$$a_0 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n E_t / n,$$
$$A_i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n E_t \cos 2\pi f t$$
$$B_i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n E_t \sin 2\pi f t$$

$f = \frac{1}{n}$ - частота /в нашем случае $i = 1, 2, 3, 4, 5/$.

В табл. 9 приведены параметры ряда Фурье и рассчитаны значения U_t .

В результате декомпозиции временного ряда X_t мы получили численные значения и аналитические формулы для каждой составляющей, кроме случайной составляющей E_t . Для нашего ряда X_t она является "белым шумом", т.е. чистой случайной величиной, о чем говорит корреляционная функция, рассчитанная для нее /максимальное значение корреляционной функции равно -0,12/. Единственное, что мы можем сделать, это оценить среднее значение для E_t . Оно равно $\bar{E} = -3,89$.

Если случайная составляющая эргодична и стационарна, т.е. если она является одной из реализаций стационарного случайного процесса, свойства которого со временем не изменяются, то мы можем описать ее с помощью первых и вторых моментов, т.е. с помощью среднего значения и ковариационной функции, или с помощью спектральной функции.

Теперь перед нами встает задача прогнозирования временного ряда X_t , т.е. прогнозирование объема производства валовой продукции. Эту задачу мы решим с помощью экстраполяции составляющих временного ряда, т.е. распространяя действие выявленных закономерностей на следующие временные интервалы. В табл. 10 приведен расчет прогноза для ряда X_t и его значения сравнены с фактическими.

Таблица 10

t	\bar{X}_t	U_t	\bar{E}	X_t	$X_{t \text{ факт.}}$	$X_{t \text{ ф.}} - X_t$	ошибка в %
58	2414,0	-21,26	-3,89	2388,85	2383,0	-5,85	-0,24
59	2254,0	-23,19	-3,89	2226,92	2066,7	-160,2	-7,75
60	2279,0	-23,34	-3,89	2251,77	2284,0	+32,23	+1,40

В заключение надо отметить, что прогноз, который мы получили, является довольно грубым, потому что он основан на

экстраполяции составляющих временного ряда, которая имеет довольно много недостатков /например, амплитуды колебаний периодической составляющей могут изменяться во времени, а у нас они постоянны и т.д./. Но тем не менее, на основании этого прогноза мы можем судить о ходе выполнения плана, сравнивая прогнозные цифры с плановыми, и принимать определенные решения.

Для повышения степени достоверности прогноза, для того, чтобы он давал более полную картину производственно-хозяйственной деятельности предприятия в будущем, необходима разработка системы прогнозов. Например, по данным ежедневной или еженедельной оперативной отчетности можно прогнозировать ход выполнения месячных планов, на этой основе составляется прогноз выполнения квартальных заданий и т.д. Это сделает контроль за производственной деятельностью предприятий более полным и существенно расширит информационную базу для принятия управленческих решений.

THE MATHEMATICO - STATISTICAL METHODS FOR LONG-RANGE ANALYSIS OF PRODUCTION OUTPUT

J. Jemeljanov

S u m m a r y

In this paper a number of theoretical problems of long-range analysis of enterprise are described, and some economic-mathematical methods for solving them are expounded.

A particular attention is called to method of spectral analysis, which so far is comparatively seldom discussed in economic literature. The main algorithm of spectral analysis and an example of the forecast of monthly output of production are enclosed.

СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА УСЛОВИЙ ТРУДА

Х.Х. Калдару

Кафедра экономической кибернетики и статистики
Тартуского государственного университета

Среди факторов, определяющих рост эффективности общественного производства, следует выделить условия труда как самостоятельный фактор эффективности общественного труда. Постоянное совершенствование условий труда, недопущение возникновения диспропорций в соотношениях отдельных факторов условий труда и устранение имеющихся отклонений в параметрах некоторых из них является одной из важных социальных и экономических задач, стоящих перед социалистическим обществом.

На ноябрьском /1978 г./ Пленуме ЦК КПСС Л.И. Брежнев отметил: "Сейчас все более остро ощущается необходимость глубокого, всестороннего анализа главных проблем развития народного хозяйства с позиции дальнейшего повышения его эффективности". В свете этого еще более важной станет разработка методики комплексного анализа условий труда и задача ее практического применения.

Комплексный анализ условий труда охватывает изучение следующих явлений:

- 1/ социально-экономический эффект от улучшения условий труда,
- 2/ действительное состояние отдельных элементов условий труда и их отклонение от оптимального уровня,
- 3/ влияние условий труда на его производительность,
- 4/ интегральный уровень условий труда в подразделениях /или на предприятии в целом/.

Исходный момент комплексного анализа условий труда - определение сущности понятия "условия труда". До сих пор общепринятого определения не существует. Наиболее логически завершенным нам представляется определение Калачевой Л.Л. В условия труда она предлагает включить "только те факторы, с которыми организм и сознание рабочего находится в постоянном взаимодействии в процессе труда"¹. Незначительно отлича-

¹ Калачева Л.Л. Социально-экономические критерии и оценки условий труда для плана социального развития коллектива предприятия. - В сб.: Вопросы политической экономики социализма. Вып. 80. Новосибирск, 1972, с. 102.

ется от этого и следующее определение: "Условия труда - совокупность факторов, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда"². Считаем, что данные определения отражают условия труда рабочих в производственном подразделении /цехе, отделе/, поскольку некоторые элементы условий труда /например, интерьер производственного помещения, эстетика оборудования, сменность работы и др./ характерны не только для рабочего места, но и для производственного подразделения в целом. Согласно этому комплексный анализ условий труда целесообразно проводить в разрезе производственных подразделений.

Система показателей комплексного анализа условий труда должна соответствовать изучаемым явлениям. Для упрощения оценки эффективности улучшения условий труда можно отдельно рассматривать социальный и экономический эффект от улучшения условий труда. В действительности они тесно связаны между собой. Общеизвестным является факт, что заболеваемость с временной утратой трудоспособности работающих и текучесть кадров зависят, кроме других причин, также от неблагоприятных условий труда. Для оценки эффективности оздоровительных мероприятий необходимо вынести удельный вес условий труда среди других факторов. Чем меньше действительные условия труда совпадают с оптимальными для отрасли, тем больше они оказывают влияния на временную нетрудоспособность и текучесть кадров. Например, по данным анализа, проведенного на "Балтийской мануфактуре" и на Староткацкой фабрике комбината "Крентгольмская мануфактура", улучшением условий труда можно уменьшить заболеваемость с временной утратой трудоспособности работающих на половину и текучесть кадров на 20-25%.

Укрепление здоровья и уменьшение текучести работающих влекут за собой и другие положительные социальные явления, как удлинение жизни, повышение квалификации и творческой активности, снижение утомляемости, улучшение настроения. Этот социальный эффект непосредственно измерить невозможно. Однако надо иметь в виду, что социальные положительные сдвиги дают измеримый экономический эффект.

Условия труда оказывают влияние на основные экономические результаты производства: качество и себестоимость выпу-

² ГОСТ 19605 - 74. Организация труда. Основные понятия. Термины. Определения. М., Госстандарт СССР, 1974.

скаемой продукции и производительность труда. Экономический результат от улучшения условий труда может реализовываться:

1/ в улучшении использования рабочего времени /уменьшении целодневных потерь рабочего времени из-за заболеваемости, текучести и прогулов/,

2/ в повышении производительности труда на основе повышения работоспособности.

При оценке экономической эффективности улучшения условий труда надо иметь в виду, что здесь затраты на оздоровительные мероприятия и полученный экономический результат непосредственно несопоставимы, так как некоторые положительные результаты могут выясниться и через 10 лет после применения оздоровительных мер. Поэтому экономический эффект от улучшения условий труда следует оценивать как потенциальный ущерб от временной нетрудоспособности, текучести кадров и уменьшения производительности труда.

Показателями действительного состояния условий труда являются частные показатели отдельных элементов условий труда. Прежде всего сюда входят показатели санитарно-гигиенических условий - температура рабочих помещений, влажность воздуха, интенсивность шума, загрязненность воздуха и т.д., а также эстетическое состояние рабочих помещений по экспертным оценкам. Непосредственное влияние на здоровье и работоспособность работающих оказывают и некоторые стороны организационно-технического уровня производства и труда. В систему показателей комплексного анализа условий труда входят показатели ритмичности, степени механизации, электровооруженности, сменности и др. Кроме показателей действительного состояния условий труда, в систему должны входить и показатели оптимального /нормативного/ уровня условий труда /например, санитарно-гигиенические нормы/. Анализ социально-психологических отношений в данной статье не рассматривается.

Следующая группа показателей комплексного анализа - показатели явлений, формирующихся под влиянием условий труда, которые приводят к дополнительным трудовым потерям и снижению производительности труда. Таковыми являются заболеваемость и травматизм работающих, текучесть кадров, степень работоспособности в процессе труда. Физиологами труда проведены многие специальные наблюдения, в результате которых найдены закономерности снижения производительности труда в различных условиях трудовой среды. Показателем работоспособности может служить степень ожидаемого снижения производительности труда

в действительных условиях труда.

Как было уже сказано, для оценки экономической эффективности улучшения условий труда, а также для планирования оздоровительных мероприятий нужно учесть, какое значение имеют условия труда среди других причин временной нетрудоспособности работающих и текучести кадров. Показатели связей элементов условий труда с вышеуказанными явлениями выясняются при помощи математико-статистического анализа /коэффициенты парной, частной, множественной корреляции и синтетические факторы/.

Особый интерес представляет интегральная оценка уровня условий труда. Сводные показатели условий труда можно непосредственно использовать для совершенствования:

- 1/ системы материального стимулирования,
- 2/ подведения итогов социалистического соревнования,
- 3/ планирования мероприятий по улучшению условий труда.

До сих пор нет единого подхода к определению интегрального уровня условий труда. Некоторые авторы считают сводными показателями условий труда показатели заболеваемости, инвалидности и травматизма работающих и текучести кадров³. С таким подходом согласиться нельзя. Во-первых, в каждом подразделении надо отдельно определить роль условий труда при формировании уровня упомянутых явлений. Во-вторых, стимулирование и планирование улучшения условий труда эффективнее "по причинам", а не "по следствиям".

Большинство авторов приводят для получения интегральных показателей различные формулы математического обобщения частных показателей условий труда. Однако представленные методики имеют следующие характерные недостатки:

1/ не учитывается степень воздействия различных элементов условий труда на здоровье и работоспособность работающего /различия в характере и степени вредности отдельных элементов/;

2/ оценка производится по отдельным элементам условий труда, без учета их совместного воздействия;

3/ интенсивность воздействия каждого элемента стоит в линейной зависимости от различия его действительного и нормативного /оптимального/ состояния;

4/ сложность практического применения.

³ Черкасов Г., Громов З. Условия труда: анализ и пути совершенствования. М., 1974, с. 51.

Комплексную оценку условий труда можно получить при помощи методов современного факторного анализа. В данном случае рассчитываются факторные коэффициенты /факторные веса/, которые отражают уровень факторов условий труда в каждом анализируемом производственном подразделении. Интегральным показателем является сумма факторных весов в подразделении. К сожалению, на предприятиях пока нет возможностей для регулярного проведения математико-статистического анализа условий труда.

Обобщающий сводный показатель условий труда в подразделении предприятия может быть выведен как математическое обобщение частных показателей условий труда. Только частные показатели должны быть ранжированы по значению в данных конкретных условиях путем присвоения им дифференцированных баллов. Для отдельных элементов условий труда составляют индивидуальные балловые шкалы оценки на основе показателей их связей с заболеваемостью и травматизмом работающих, текучестью кадров и степенью трудоспособности, а также используя экспертные оценки. Сводная оценка условий труда получается в виде суммы индивидуальных баллов всех элементов условий труда. Если шкалы оценки разработаны и находятся в распоряжении специалистов предприятий, можно быстро найти сводные показатели условий труда, сравнить их с соответствующими показателями прошлого периода и сделать выводы о состоянии условий труда на отдельных участках предприятия или на предприятиях отрасли.

На основе комплексного анализа условий труда на "Балтийской мануфактуре" и на Староткацкой фабрике "Кренгольмской мануфактуры" составлены предварительные шкалы оценки элементов санитарно-гигиенических условий по 12-балльной системе. Например, некоторые оценки уровня шума следующие: до 60 дБ - 12 баллов, 85 дБ - 8 баллов и более 115 дБ - 1 балл. Шкалы подобного рода составлены и для оценки микроклимата и запыленности воздуха. После опробования разработанные шкалы можно применять и на других предприятиях легкой промышленности.

Улучшение условий труда - важная социально-экономическая задача, решение которой органически связано с совершенствованием системы показателей анализа условий труда.

A SYSTEM OF INDICES OF COMPLEX ANALYSIS OF WORKING CONDITIONS

H. Kaldaru

S u m m a r y

When researching the working conditions the following phenomena must be placed under complex analysis:

- 1) the socio-economical effect from the improved working conditions;
- 2) the differences between every-day (current) and optimal levels of the elements forming the working conditions;
- 3) the influence of working conditions upon productivity;
- 4) the all-round level of productivity in the enterprise (produktion unit).

Working out the general indices of working conditions is considered particularly essential. These general indices must describe the current working conditions with sufficient preciseness and must be applied comparatively easy. To reach these goals one must perform following procedures:

- 1) to construct the scales for the every single element of working conditions;
- 2) to ascribe comparative values to every element of working conditions proceeding from the influence of every element upon the health and work fitness of workers and from the differences between current and optimal levels of the indices;
- 3) to get the all-round estimation of working conditions on must add up previously ascertained appraisals of every element.

КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ГЛАВНЫХ ФАКТОРОВ И ГАРМОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Я.Э. Кару, Р.С. Сайфуллин

Кафедра экономической кибернетики и статистики
Тартуского государственного университета

Кафедра учета и анализа хозяйственной деятельности
Московского государственного университета

Комплексный системный анализ производственно-хозяйственной деятельности предприятий и объединений играет определяющую роль при решении задач интенсификации производства, роста производительности труда.

Всесторонний анализ использования труда и заработной платы на предприятиях и объединениях с применением ЭМ и современных экономико-математических методов и моделей является одним из важнейших средств достижения трудовых успехов производственных коллективов.

Многими экономистами изучен ряд вопросов, связанных с факторами производительности труда, использован при этом аппарат регрессионно-корреляционного анализа. Но часто необходимо идти дальше и провести анализ комплекса взаимосвязей между основными показателями использования труда в динамике, провести комплексные прогнозы использования рабочего времени или же их элементов на предприятиях и их подразделениях /последние являются основными ориентирами для разработки планов по труду/.

Во многих случаях прогнозы такого типа не учитывают особенности динамических рядов, развития производственных систем, не отражают изменения в структуре взаимосвязей между основными показателями хозяйственной деятельности.

Это можно объяснить частично тем, что анализируемый объект характеризуется не отдельными значениями показателей, а многомерными совокупностями данных, изменяющихся во времени. Это в свою очередь требует применения в этих целях специального аппарата многомерного анализа.

Особенностью применения многомерных методов для изучения динамики развития предприятий, анализа их отдельных сторон является своеобразие в организации исходных данных и первичная статистическая обработка. Естественно, изучение динами-

ческого аспекта деятельности предприятия, в частности, использования рабочего времени накладывает свою печать и на комплекс анализируемых показателей. Это выражается в том, что анализируемые динамические системы характеризуются изменяющимися во времени реализациями параметров t_m ($m=1,2,\dots$), $M/$.

Если в теории случайных процессов, являющейся методологической основой анализа динамики, применяются многократно повторяемые реализации /последовательности значений одного параметра во времени/, то в экономической системе крайне редко удается сформировать ансамбль реализации конечной длины, обладающий необходимыми качественными свойствами. Это в свою очередь обуславливает применение динамических рядов показателей хозяйственной деятельности, интерпретирующихся как эргодические переменные, совокупность последних составляет исходный материал - ансамбль реализации процессов $\{Z_j(t_m)\}$

При анализе сложных хозяйственных систем одновременно необходимо учитывать довольно обширный круг показателей, отражающих использование рабочего времени и влияющих на него факторов, изучать их взаимосвязи, изменение их в динамике, определять конкретные значения факторов использования рабочего времени в будущие периоды. Упрощение решения этих задач возможно с помощью многомерных статистических методов, из числа которых можно будет применять метод современного факторного анализа, целью которого является выражение информации, содержащейся в переменных $Z_j(t_m)$ $j=1,2,\dots,N$, характеризующих какое-нибудь экономическое явление, через набор обобщенных факторов $F_i(t_m)$ $i=1,2,\dots,p$ содержащий эту же информацию. При этом количество факторов значительно сокращается по сравнению с числом первоначальных переменных.

Существует множество методов современного факторного анализа¹, из которых мы использовали метод главных факторов, как наиболее подходящий для применения на ЭВМ. В случае использования Р-техники факторного анализа в качестве первоначальных данных применяются временные ряды различных экономических показателей, и соответствующая модель факторного анализа имеет следующий общий вид:

¹ Харман Г. Современный факторный анализ. М., "Статистика", 1972, с. 125.

$$\{z_j(t_m)\} = \overline{\{z_j(t_m)\}} + \sum_i a_{ij} \{F_i(t_m)\} + a_i \{U_j(t_m)\}$$

где $\{z_j(t_m)\}$ - значения эргодических переменных;
 $\{F_i(t_m)\}$ - общие факторы;
 $\{U_j(t_m)\}$ - специфические факторы;
 a_{ij} - факторные нагрузки;
 T - анализируемый период;
 $\overline{\{z_j(t_m)\}}$ - усредненные значения эргодических переменных.

При анализе динамических выборок факторные нагрузки показывают удельный вес факторной кривой в структуре ансамбля реализации эргодических переменных.

В модель целесообразно включить элемент, выражающий усредненные значения параметров в определенные моменты времени. Это необходимо при прогнозировании с использованием факторной модели, когда проявляется необходимость продолжения факторной кривой до горизонта прогнозирования. С помощью этого элемента оказывается возможным оценить прогнозируемые значения на реальность. В случае, если значение $\{z_j(t_m)\}$ приближается к установленному пределу, необходимо прекратить дальнейшие вычисления по нахождению факторных коэффициентов, так как полученный прогноз становится нереальным (стандартизованные значения факторных коэффициентов должны находиться в пределах ± 3).

Разработаны наиболее общие задачи применения многомерных статистических методов при анализе экономических явлений и процессов.²

С помощью факторного анализа использования рабочего времени можно решать следующие узловые проблемы изучения рабочего времени в динамике.

1. Статистическое исследование зависимостей между временными рядами, отражающими использование рабочего времени и его элементов на предприятиях.

2. Выявление внутренней структуры связей между рядами динамики, изучение их динамики развития.

² А й в а з я н С.А. Многомерный статистический анализ в социально-экономических исследованиях. Экономика и математические методы. Т. 13, вып. 5. М., 1977.

3. Сжатие информации, содержащейся в больших системах рядов динамики, конструирование обобщенных характеристик использования рабочего времени.

4. Выявление обобщенных показателей - динамических факторов и сочетание их с другими методами анализа, прогнозирования и планирования.

5. Классификация временных рядов, выявление характерных периодов, группировка переменных или же анализируемых объектов, сходных по поведению.

Проиллюстрируем применение МА на основе задачи выявления внутренней структуры факторной матрицы переменных использования рабочего времени и объединения его с анализом экономических процессов с помощью гармонического анализа, с целью выявления поведения факторных структур за планируемый период и определения конкретных значений факторов за будущие периоды.

Среди множества переменных, определяющих использования труда и рабочего времени, можно выделять различные группы показателей, характеризующих отдельные стороны этого аспекта производства. Для анализа факторов, определяющих использование трудовых ресурсов и заработную плату,³ мы выбираем самые представительные показатели, предварительно анализируя их влияние на обобщающие показатели.

Если анализируется экстенсивное использование труда, то возможно выделить две группы факторов, во-первых, факторы, определяющие коэффициент использования рабочих дней за отчетный месяц и, во-вторых, факторы, влияющие на коэффициент использования рабочих часов за день. Центральное место при анализе целодневных потерь рабочего времени занимает анализ причин и последствий заболеваемости работающих, так как временная нетрудоспособность является одним из важнейших их элементов. На заболеваемость работающих влияет ряд экстенсивных и интенсивных факторов, общую схему которых можно видеть на схеме I.

При выборе показателей-признаков имеется в виду, что часть из разнородных групп показателей, приведенных на схеме, являются комплексными по своей структуре и их влияние можно условно разделить на "элементарные" влияния некоторого

³ Меремет А.Д. Комплексный экономический анализ деятельности предприятий. М., "Экономика", 1974, с. 35.

**Примерная схема формирования и анализа
показателей эффективности использования
производственных ресурсов в зависимости
от временной нетрудоспособности**

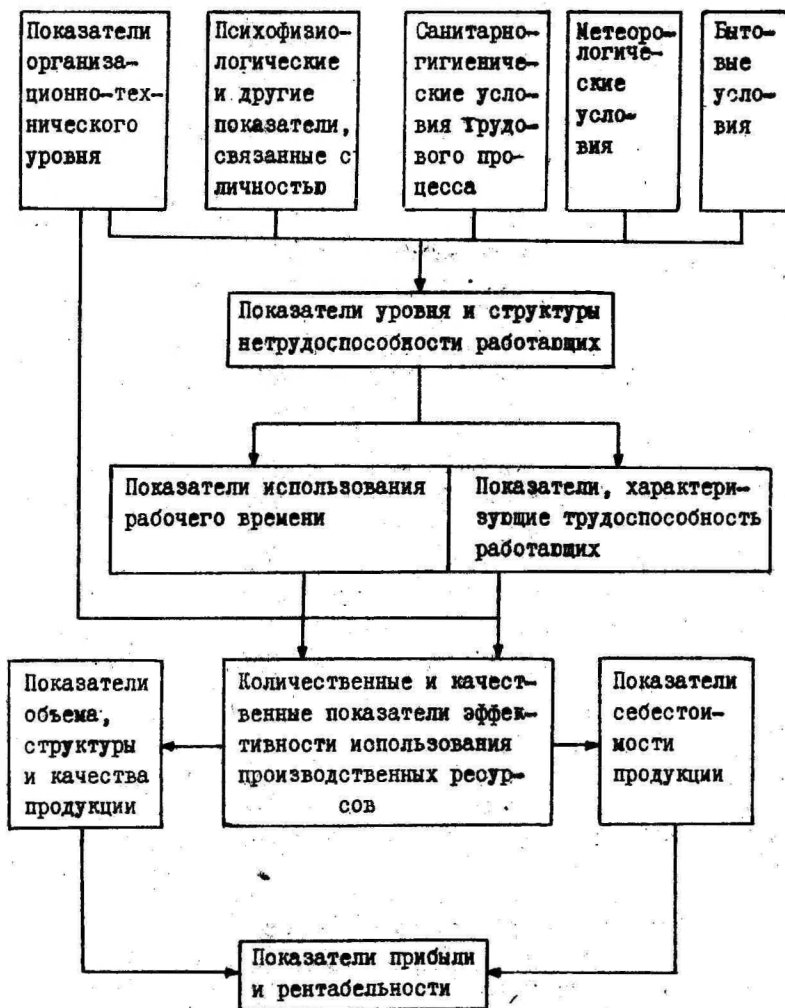


Схема I

множества показателей.

Этот факт при факторном анализе отказывается достойным внимания, так как обуславливает необходимость обоснования уровня существенного влияния "элементарных" переменных. При совершенствовании управления производством наиболее просто регулировать "элементарные" переменные, но это не всегда оказывается возможным, так как существует множество комплексных явлений и переменных, которые можно разложить на "элементарные" только теоретически. На практике по причинам построения показателей, несовершенства учета и обработки данных невозможно провести детализацию механизма влияния. Влияние комплексных переменных характеризуется множественностью причин и следствий, причем образуется своеобразная "сеть влияния", где можно выделить главную, определяющую причину и действие, также множество путей влияния более высокого порядка, часто противодействующих главной, теоретически обоснованной, действию влияния переменной.

При проведении регрессионно-корреляционного анализа мы оперируем только главной причиной и следствием, абстрагируясь от второстепенных путей влияния или же в лучшем случае только отмечая, что данное явление влияет еще на другие явления, которые учитывает свободный член линий регрессии. Например, при корреляционном анализе производительности труда, выделив в качестве анализируемой переменной коэффициент сменности, рассматривается только положительное влияние увеличения коэффициента сменности на производительность труда, без учета отрицательных факторов, которые носят преимущественно социальный характер и выражаются в повышении уровня временной нетрудоспособности работающих и трудовых потерь по этой причине.

Определение "сетей влияния", которые представляют собой довольно сложные по структуре зависимости между экономическими показателями, а также изучение отдельных цепей в конфигурации связей с помощью факторного анализа способствует более точному и обоснованному регулированию производственного процесса. Для анализа производственных структур, в том числе использования рабочего времени, на первом этапе выбираются те процессы и явления, влияние которых на изучаемое явление теоретически обосновано. Как видно на схеме I, на использование рабочего времени наиболее существенное влияние имеют организационно-технические показатели /организация управле-

ния, организация производства и труда, обеспеченность ресурсами, структура продукции и фондов/ и санитарно-гигиенические условия труда.

Таким образом, анализу из различных групп /по возможности однородных по числу показателей/ подлежат наиболее представительные, причем часть из этих структурных показателей являются элементарными, часть комплексными, а общий перечень переменных следующий:

I. Система управления

- X_1 - удельный вес основных рабочих в основных цехах;
- X_2 - коэффициент управления как удельный вес затрат на управление в себестоимости продукции;
- X_3 - удельный вес линейного управляемого персонала.

II. Организация производства и труда

- X_4 - коэффициент сменности;
- X_5 - удельный вес профилирующей продукции;
- X_6 - коэффициент ритмичности производства;
- X_7 - удельный вес рабочих, совершивших прогул.

III. Технический уровень производства

- X_8 - удельный вес активной части основных фондов;
- X_9 - коэффициент обновления основных фондов как отношение поступивших в отчетном году основных средств к среднегодовой стоимости активной части основных фондов;
- X_{10} - электровооруженность труда как отношение затраченной электроэнергии на производственные нужды к количеству отработанных человеко-часов;

IV. Санитарно-гигиенические условия труда

- X_{11} - площадь производственных помещений на одного работающего;
- X_{12} - температура в рабочих помещениях;
- X_{13} - влажность воздуха;
- X_{14} - скорость движения воздуха;
- X_{15} - запыленность / $\text{мг}/\text{м}^3$ / рабочих помещений;
- X_{16} - уровень производственного шума;
- X_{17} - вентиляция производственных помещений - объем вдутого воздуха / м^3 /;

X₁₈ - вентиляция производственных помещений - объем вытянутого воздуха /м³/.

У. Группы болезней

- X₁₉ - грипп;
- X₂₀ - абсцессы кожи;
- X₂₁ - туберкулез;
- X₂₂ - производственные травмы;
- X₂₃ - болезни желудочно-кишечного тракта;
- X₂₄ - гинекологические болезни;
- X₂₅ - сердечно-сосудистые заболевания;
- X₂₆ - болезни нервов;
- X₂₇ - воспаление легких;
- X₂₈ - гипертоническая болезнь;
- X₂₉ - бронхит;
- X₃₀ - прочие заболевания.

По месячным данным одного из основных предприятий Министерства легкой промышленности СССР комбината "Балтийская мануфактура" сделаны расчеты по схеме применения факторного анализа в социально-экономических исследованиях /схема 2/.

Поскольку статистика не доказывает, а только подтверждает или опровергает выдвинутые перед статистическими исследованиями исходные, нулевые гипотезы, то и в нашем исследовании мы следуем принципу т. наз. направленного факторного эксперимента.

При проведении направленного факторного анализа выдвигание гипотезы является довольно сложной задачей, поскольку не существует традиционно сложившегося способа формирования и оценки достоверности гипотез факторного анализа, нет и теоретически обоснованных положений их применения в экономике.

Перед количественным анализом выдвинули гипотезу о том, что существует определенная, относительно малочисленная группа непосредственно неизмеримых, латентных факторов, объясняющих основную долю заболеваемости рабочих и в соответствующих условиях определяющих использование рабочего времени в целом. Структура факторов изменяется динамически во времени, т.е. разные факторы в различные периоды влияют на использование рабочего времени по-разному, т.е. изменяется их соотношение и сила. Существуют моменты времени, когда их пропорции являются вполне определенными и поддаются вычисле-

нию и нашей целью является их определение. Мы постараемся это сделать путем преобразования показателей использования рабочего времени в удобные для анализа вид и оценку значимости и величины влияющих на структуру факторов.

После проведения процедуры факторного анализа получилась матрица факторных нагрузок, которую привели к виду "простой структуры" варимаксметодом. Для содержательной интерпретации из полученной матрицы /таблица I/ выбираем существенные факторные нагрузки и анализируем конкретные условия в исследуемых цехах. Как видно из таблицы I, существенные переменные у фактора F_1 в основном связаны с технической стороной производства, поэтому первый фактор целесообразно назвать фактором уровня техники. На основе этого фактора F_1 можем сделать вывод о том, что показатели санитарно-гигиенического характера во многом обуславливаются техническими параметрами производства. Например, с обновлением машинного парка текстильного производства увеличиваются зоны обслуживания, повышается интенсивность работы и улучшается температурно-влажностный режим работы, который благоприятно действует на организм работающих. В факторе F_2 находят отражение основные параметры условий труда, некоторые заболевания и производственный травматизм. Фактор F_2 можем назвать обобщенным показателем существующих на производстве условий труда.

Третий из комплексных факторов F_3 характеризует организацию производства и труда и влияние их на возникновение различных заболеваний /гипертоническая болезнь, травматизм, бронхиты и др./.

Может показаться, что в ходе факторного анализа содержится определенное несоответствие, так как полученные показатели, с точки зрения регулирования производства, являются слишком обобщенными, даже непосредственно неизмеренными, а на предварительном этапе мы задавались целью выделить "элементарные показатели". Объяснить можно это тем, что в начале мы выделяли определенные аспекты и характеризующие их показатели в наиболее "чистом" виде, а в ходе факторного анализа просто переформировали комплекс "первоначальных" показателей в новый, более удобный для анализа синтетический вид. При этом сохранились информативные свойства первоначального комплекса показателей. Необходимым этапом применения факторного анализа является обратный переход от факторов к F_i к первоначальному комплексу переменных $x_j(t_n)$. Таким

образом, можно определить показатели, характеризующие изучаемое явление и регулируемые средствами отдельных предприятий.

Таблица I

факторные нагрузки переменных после
вращения факторов

Показатели	факторные нагрузки		
	F ₁	F ₂	F ₃
I	2	3	4
1. Уд. вес. осн. раб. в осн. цехах	-0,183	-0,046	0,611
2. Коэфф. управления	0,027	0,106	0,429
3. Уд. вес упр. перс.	0,211	-0,130	0,378
4. Коэфф. сменности	0,006	-0,254	0,661
5. Уд. вес профил. продукции	0,836	-0,223	-0,176
6. Коэфф. ритм. произв.	0,311	-0,074	0,821
7. Уд. вес рабочих, совершивших прогул	0,168	-0,035	-0,536
8. Уд. вес активной части основных фондов	0,765	-0,026	0,503
9. Коэфф. обновления основных фондов	0,545	-0,137	0,003
10. Электровооруженность труда	0,816	-0,218	0,507
11. Площадь произв. помещений	0,953	0,209	-0,074
12. Температура в раб. помещениях	0,302	0,898	-0,158
13. Влажность воздуха	-0,751	-0,508	0,241
14. Скорость движения воздуха	0,176	0,824	-0,104
15. Запыленность воздуха	0,152	0,952	-0,193
16. Уровень шума	0,345	0,859	-0,142
17. Вентиляция I	-0,050	-0,877	0,142
18. Вентиляция II	0,343	-0,925	0,090
19. Грипп	0,256	0,648	-0,056
20. Абсцессы кожи	-0,101	0,311	-0,056
21. Туберкулез	0,014	0,014	0,046
22. Травмы	-0,193	0,441	0,134
23. Болезни желудочно-кишечного тракта	0,043	-0,082	-0,084

	1	2	3	4
24. Гинекологические заболевания		0,129	-0,125	0,346
25. Сердечно-сосудистые заболевания		-0,178	-0,145	-0,373
26. Нервные заболевания		0,104	-0,270	0,487
27. Воспаление легких		-0,025	0,067	-0,145
28. Гипертонические болезни		-0,012	-0,226	-0,418
29. Бронхит		-0,086	0,407	0,476
30. Прочие заболевания		-0,063	0,176	0,168

Таким образом, с помощью факторного анализа возможно:

1/ Проверить правильность построения набора первоначальных переменных. Элементарные переменные, характеризующие один и тот же аспект производственного процесса, должны иметь, как правило, значимые нагрузки на обоснованные экономической теорией обобщенные факторы производства.

2/ Выявить наиболее значимые показатели, характеризующие использование рабочего времени. Как правило, генеральный фактор объясняет максимальную долю дисперсии первоначального комплекта переменных. Если анализируемое явление или его отдельный аспект достаточно хорошо объяснено комплектом переменных, то генеральный фактор должен содержать и наиболее значимые элементарные переменные, выясненные в анализе факторных нагрузок.

3/ Выявить внутреннюю структуру первоначального комплекта переменных, влияющих на уровень и структуру использования рабочего времени и временной нетрудоспособности работающих.

Комплексные факторы могут иметь значимые нагрузки на несколько факторов. Это свидетельствует о сложности внутренней связи между этими факторами /асpekтами производства/.

Когда один и тот же фактор содержит первоначальные показатели нескольких групп, то можно сделать вывод о том, что между явлениями или процессами имеются внутренние связи.

4/ Синтезировать набор показателей /элементарных или комплексных/, т.е. снизить размерность пространства первоначальных показателей. Путем оценки комплекта полученных факторов может приниматься или опровергаться выдвинутая в процессе первоначального качественного анализа рабочая гипотеза.

На основе полученных результатов можем сделать вывод о

том, что выдвинутая ранее рабочая гипотеза подвергалась, т.е. существует относительно малочисленная группа факторов, которая в основном определяет процесс использования рабочего времени. Удалось интерпретировать эти факторы -

F_1 - уровень применяемой техники,

F_2 - условия труда,

F_3 - уровень организации производства и труда.

В ходе процедуры факторизации были рассчитаны также конкретные значения факторов в различные моменты времени, т.е. факторные коэффициенты или веса, показывающие изменение влияния различных факторов в динамике.

Часто на предприятиях необходимо иметь данные об использовании рабочего времени на будущие периоды для того, чтобы точнее планировать производственную программу, обоснованнее управлять производственным процессом. Например, для планирования производительности труда необходимо знать уровень использования рабочего времени по различным учетным статьям, а также ряд технических и организационных показателей. Данные об отдельных показателях можно получить довольно просто, используя методы прогнозирования. Сложнее учитывать изменения показателей в комплексе. Для решения этой задачи будем применять факторные коэффициенты /веса/, интегрально характеризующие влияние различных показателей производственно-хозяйственной деятельности. Изучаемое явление по своей сущности /если исключен временный тренд/ имеет периодически-колебательную структуру. Поставлена задача изучить, во-первых, комплекс значений факторов использования рабочего времени в будущие периоды, во-вторых /как было сказано ранее/, внутреннюю структуру факторов через определенные промежутки времени и, в-третьих, возможности регулирования влияния определенных, наиболее значимых факторов и отдельных показателей на рациональность использования рабочего времени.

Для расчета прогнозируемых значений фактора целесообразно использовать аппарат гармонического анализа, с помощью которого возможно продолжать периодические временные ряды факторных коэффициентов факторов использования рабочего времени.

Основную модель гармонического анализа можно представить в следующем виде⁴

⁴ Кендалл М., Стюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. М., "Наука", 1976, с. 621.

$$f(x) = \sum_{i=1}^{r/2} A_i \sin(\alpha_i t) + \sum_{i=1}^{r/2} B_i \cos(\alpha_i t)$$

где: A_i, B_i - коэффициенты ряда Фурье;

α_i - угловая частота $\alpha_i = \frac{2\pi i}{P}$

$r/2$ - анализируемый временной интервал;

i - номер гармоники.

В случае, если удастся выявить сезонность в поведении факторов использования рабочего времени, то временной ряд факторных коэффициентов возможно разделить на следующие элементы

$$f(t_m) = U(t_m) + v(t_m) + \varepsilon(t_m)$$

где: $U(t_m)$ - тенденция;

$v(t_m)$ - кратковременные колебания;

$\varepsilon(t_m)$ - случайные колебания.

Кратковременные и случайные колебания выражаются гармоническим рядом, параметры которого определяются следующим образом

$$A_i = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N y(t_i) \sin\left(\frac{2\pi i t}{N}\right),$$

$$B_i = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N y(t_i) \cos\left(\frac{2\pi i t}{N}\right)$$

Тенденцию временного ряда $U(t_i)$ часто выражают средней величиной

$$U(t_i) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N y(t_i)$$

Более точно было определить $U(t_i)$ посредством линейной регрессионной или авторегрессионной модели.

Одной из труднейших проблем является разработка критерия для определения количества гармоник. Если не требуется особой точности вычисления, то используется критерий, когда

$$\sigma_i^2 \leq 0,05,$$

где

$$\sigma_i^2 = \frac{C_i}{2} \quad C_i = \sqrt{A_i^2 + B_i^2}$$

Одной из задач перспективного анализа является выявление уровня показателей на будущий период. Для этого необходимо продолжать временной ряд, но при этом предположим, что сохраняется характер поведения показателя. Линейный тренд вы-

числяется с помощью регрессионного анализа и учитывается следующим образом в колебательной функции $f(t)$

$$f(t) = u(t_m) + \sum_{i=1}^p [A_i \sin it + B_i \cos it], \quad (*)$$

где: $u(t_m)$ - значения линейного тренда;
 p - количество наблюдений ($m = 1, 2, \dots, p$)
 i - номер гармоники.

Исходными данными служат значения факторных кривых в определенных моменты времени t_m для всех анализируемых объектов. Преимущество такой исходной информации объясняется тем, что при факторном анализе осуществляется комплексный подход к изучению рациональности использования рабочего времени, а факторные коэффициенты являются выходными параметрами анализируемой системы и по ним можно оценивать состояние системы использования трудовых ресурсов на промышленном предприятии и его подразделениях.

Для иллюстрации приведем расчеты по месячным данным по факторным коэффициентам за 12 периодов комбината "Балтийская мануфактура".

Например, для фактора уровня организации производства и труда F_3 с помощью формулы (*) получен сглаженный ряд для различных цехов предприятия.

Ткацкий цех:

$$Y_I = 0,002 + 0,339 \sin x - 0,160 \cos x + 0,099 \sin 2x - \\ - 0,087 \cos 2x - 0,034 \sin 3x + 0,008 \cos 3x + 0,022 \\ \sin 4x - 0,053 \cos 4x.$$

Прядильный цех:

$$Y_2 = 0,333 - 0,420 \sin x - 0,145 \cos x - 0,146 \sin 2x + \\ + 0,339 \cos 2x - 0,205 \sin 3x + 0,038 \cos 3x - \\ - 0,087 \sin 4x + 0,093 \cos 4x$$

Канатная фабрика:

$$Y_3 = 0,802 + 0,019 \sin x + 0,002 \cos x - 0,076 \sin 2x + \\ + 0,070 \cos 2x + 0,061 \sin 3x - 0,088 \cos 3x - \\ - 0,067 \sin 4x - 0,004 \cos 4x$$

Для анализа уровня показателей необходимо прогнозировать значения временного ряда с учетом тренда. Линейные тренды для различных цехов имеют следующий вид:

$$U_1 = 0,045 - 0,069 t \\ U_2 = 0,794 - 0,032 t \\ U_3 = 1,690 + 0,014 t$$

С учетом этих значений получили сглаженные временные ряды, которые и будем использовать для дальнейшего анализа.

Первый этап анализа целесообразно проводить с применением графиков факторных кривых, пример которых можно видеть на рисунке № 1.

Выделяются наиболее отличные от сглаженных рядов значения факторных кривых и анализируются причины этого. Например, на графике использования рабочего времени на канатной фабрике видно, что значение $\{t_{\omega}\}$ существенно отличается от сглаженного ряда. Это объясняется тем, что фабрика должна была выполнить полугодовой план, к которому по договору между предприятиями министерства добавили обязательство по дополнительному выпуску продукции. В связи с этим повысились требования к использованию труда и появились возможности дополнительного вознаграждения за выполнение договора. На основе полученных обобщенных характеристик использования труда на микроуровне за будущие периоды появляется возможность точнее определить показатель коэффициента использования рабочих дней за отчетный период. Этот показатель необходимо принять в качестве функции в линейной регрессии, аргументами являются полученные факторы F_i . Преимущество таких комплексных прогнозов состоит в том, что, во-первых, уменьшается объем вычислительных работ, во-вторых, появляется возможность элиминировать поисковое влияние мультиколлинеарности в комплексе первоначальных переменных.

При планировании рабочего времени иногда необходимо увеличить масштаб влияния факторов на планируемые показатели. Для этого можно использовать данные аналогичных периодов показателей в прошлом, например, за прошлый отчетный квартал или за соответствующий квартал прошлого года.

Иногда необходимо знать, какие именно показатели необходимо скорректировать и в каком порядке для достижения наилучших результатов. В каком случае факторный анализ и комплексные прогнозы необходимо дополнить ранжированием показателей по существенности и переходом с обобщенных факторных кривых на первичные показатели с помощью матриц. Сравнивая прогнозируемые значения показателей с фактическими данными, разрабатывать меры для ликвидации существенных расхождений в поведении показателей.

По данным комплексных прогнозов предложены мероприятия по уменьшению неблагоприятных воздействий условий труда на

организм работающих, линейные прогнозы были учтены при разработке планов по труду и планов проведения организационно-технических мероприятий.

A COMPLEX STUDY OF THE UTILIZATION OF WORKING TIME BY MEANS OF METHODS OF PRINCIPAL FACTORS AND HARMONIC ANALYSIS

J. Karu, R. Saifulin

S u m m a r y

This paper describes the utilization of P-technique of the factor analysis applied in researches of time-sequences of the indices of economic activity of enterprises. A number of theoretical problems of the factor analysis are scanned and main groups of problems, which can be solved by means of stochastic methods are expounded. As example an analysis of inner structure of the causal connections of temporary disability is enclosed.

To make more exact the planning of the working time, a method of the harmonic analysis is applied to forecast the utilisation of working hours in subdivisions of the enterprise.

АНАЛИЗ СОГЛАСОВАНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ ПЛАНОВ ПОДСИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА И СБЫТА ПРЕДПРИЯТИЙ С ДИСКРЕТНЫМ ХАРАКТЕРОМ

М.И. Лугачев

Кафедра математических методов анализа экономики
Московского государственного университета

Современный уровень развития экономико-математического моделирования производственной деятельности предприятий характеризуется прежде всего комплексностью, системностью, разумной, рациональной увязкой различных моделей, описывающих конкретный процесс производства продукции. Нет нужды подробно останавливаться на исчерпывающем обосновании этого положения, необходимость которого полностью продиктована требованием реальности, адекватности и целесообразности создания таких моделей вообще.

Следует отметить, что основной интерес исследователей привлекают "вертикально" связанные модели, образующие иерархию подчиненных систем. Однако внутри каждой такой системы существуют равноправные подсистемы, связь между которыми носит, главным образом, технологический характер.

В нашем случае, когда речь идет о промышленном предприятии, таких подсистем три - материально-техническое снабжение, производство и сбыт готовой продукции /см. табл. I/. Попытаемся решить задачу планирования, в которой были бы согласованы "горизонтально" связанные подсистемы производства и сбыта.

Предпосылки создания модели

План работы предприятия во многом определяется графиком поставок сырья для производства продукции. Поэтому наиболее распространена схема планирования производственной деятельности "от снабжения". Если пользоваться терминологией оптимального планирования такая схема включает в себя последовательное применение следующих экономико-математических моделей: 1/ оптимальное использование сырьевых ресурсов; 2/ оптимальное использование производственных мощностей; 3/ оптимальный сбыт готовой продукции. В первом приближении использование этих моделей сводится к тому, что сначала определя-

ется номенклатура и объемы производства из заданного, либо меняющегося по известному закону, либо определяемого некоторой функцией распределения наличия сырьевых ресурсов. Другими словами, устанавливается некоторое соответствие плана производства x_1 , с планом или графиком поставок сырья x_0 . Затем такой план производства оптимальным, в определенном смысле, образом реализуется, т.е. составляется расписание для работы всех подразделений, производящих продукцию из имеющегося сырья, в результате чего появляется план выпуска готовой продукции x_2 . Другими словами, устанавливается соответствие между планом производства x_1 и планом выпуска готовой продукции x_2 . В заключение решается задача об оптимальном сбыте готовой продукции, так что плану выпуска готовой продукции x_2 ставится в соответствие план сбыта x_3 .

По существу увязка всех планов налицо: последующий план определяется предыдущим. Увязка эта будет тем более полной, если в нашей схеме мы учтем обратные связи. В условиях, когда сбыт осуществляется многими способами, для работников отдела сбыта казалось бы имеется возможность для маневра, однако этой возможностью не так легко воспользоваться, поскольку для каждого потребителя, в принципе, можно определить оптимальный сбыт готовой продукции /т.е. способ отправки и загрузку тары/, например, как в /1/. Таким образом, легко видеть, что описанная схема планирования не гарантирует того, что отдел сбыта будет иметь огромное количество готовой продукции, которое требуется отправить, но он не в состоянии сделать это лишь потому, что не может укомплектовать ни одну партию для отправки, а отгрузка маленькими дозами /например, почтовыми посылками/ кроме того, что экономически невыгодна, еще и физически нереализуема - нет рабочей силы, достаточно-го количества подходящей тары и т.п.

Обратная связь от сбыта к производству создается для того, чтобы из множества допустимых планов производства выбирать такие, которые позволяли бы осуществить и сбыт произведенной продукции. В некоторых случаях сигнал обратной связи U_4 , содержащий, например, сведения о требуемых количествах готовой продукции, которые бы позволили укомплектовать партии для отправки, может в преобразованном виде - через блок производства, дойти до блока МТС, выраженный в требуемых количествах ресурсов, необходимых для производства того количества готовой продукции, которое требуется при комплектова-

или партии для отправки. Если возможности МТС достаточно велики, либо предприятие вполне автономно, так что зависимость от поставщиков сырья слабо выражена, такую схему планирования производственной деятельности уже нет смысла называть схемой планирования "от снабжения". Появляется возможность планирования на основе экономико-математического анализа оперативных планов функционирования составляющих предприятие подсистем.

Решая задачу оперативного планирования производства можно зафиксировать снабжение предприятия сырьем /т.е. считать, например, что количество сырья требуемого типа известно для любого момента времени t , принадлежащего оперативному горизонту планирования τ / и попытаться в этих условиях решить задачу составления расписания для двух блоков, между которыми существует, по нашему мнению, достаточно гибкая связь: блоков производства и сбыта.

Плановое задание в этом случае может быть сформировано как решение оптимизационной задачи, определяющей рациональную номенклатуру и объемы готовой продукции, выпуск которых возможен из имеющегося в наличии сырья.

Постановка задачи

Предприятие, производящее мелкосерийную продукцию, характеризуется следующими исходными данными. Определено плановое задание $X = (x_i)$, $i = \overline{1, n}$ на период длительности τ , множество исполнителей $J = \{1, \dots, n\}$, матрица назначений $T = (t_{ij})$. Известны затраты на переналадку j -го исполнителя с производства i_μ -го типа продукции на тип i_j , $- P_j = (p_{\mu i j})$, $\forall j = \overline{1, n}$. Задано множество потребителей готовой продукции $K = \{1, \dots, k\}$ и матрица заказов $S = (S_{ik})$. Сбыт может осуществляться крупными партиями по V условных единиц продукции. Предприятие имеет склад, рассчитанный на Q условных единиц готовой продукции. К началу планового периода состояние предприятия характеризуется матрицей начального состояния $\Sigma_0 = (\Sigma_{ij})$ и наличием готовой продукции $Y_0 = (y_0^i)$. Необходимо рассчитать план производства продукции /расписание G /, минимизирующий суммарные совокупные затраты $F(G)$. В рамках такой постановки попытаемся решить задачу, получив предварительно оперативный план производства и оперативный план сбыта с тем, чтобы в последующем анализировать возможности согласования этих планов.

Оперативно-календарное планирование производства
с учетом переналадок оборудования /задача I/

Будем искать план G_1 производства продукции x_1 , минимизирующий суммарные совокупные затраты времени /т.е. суммарное операционное время плюс суммарная длительность переналадок/.

Легко видеть, что выбранный критерий оптимальности соответствует решению, обеспечивающему максимальную производительность: заданный объем работ должен быть выполнен за минимальное время.

Для решения сформулированной задачи и записи ее математической модели рассмотрим в качестве вспомогательной задачу о назначениях с переналадками, отличающуюся от традиционной

$$(\min \sum_i \sum_j x_{ij} t_{ij} \mid \sum_i x_{ij} = 1(a); \sum_j x_{ij} = 1(\delta); ij = 1, \bar{n}; x_{ij} = 0, 1) \quad /I/$$

одним условием: к исходному моменту каждый исполнитель - технологическая линия - настроен на выполнение определенной работы, так что задана матрица исходного состояния

$$\Xi_0 = (\xi_{ij}^0),$$

где

$$\xi_{ij}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й исполнитель настроен на выполнение } i_{\mu}\text{-ой работы,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$$i_{\mu} = 1, \bar{N}; \quad j = 1, \bar{n}$$

Если ввести переменные

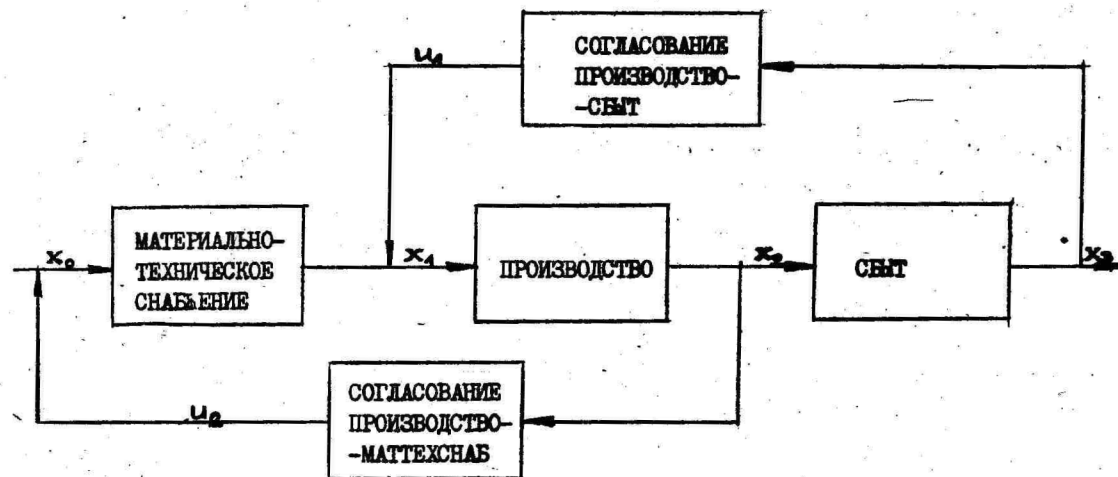
$$y_{i_{\mu} i_0}^j \quad \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й исполнитель переналаживается с работ } i_{\mu} \text{ на работу } i_0; \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

то математическая модель задачи о назначениях с переналадками может быть записана в виде

$$\sum_j \sum_{i_{\mu}} \sum_{i_0} y_{i_{\mu} i_0}^j (t_{i_0 j} + p_{i_{\mu} i_0}^j) \rightarrow \min \quad (2)$$

$$\sum_j \sum_{i_{\mu}} y_{i_{\mu} i_0}^j = 1 \quad (a)$$

Таблица I



$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} y_{ij}^j = 1 \quad (8)$$

$$E = (t_{ij}^0) \quad (9)$$

$$i \in I, N; \quad j \in J, M; \quad j = 1, \overline{n}$$

Условие /а/ задачи /2/ означает, что переналадка всех исполнителей с некоторой работы на заданную может осуществляться только однажды. Из выполнения этого условия следует, в частности, выполнение условия /а/ задачи о назначениях /1/ /но не наоборот/, требующего, чтобы каждая работа выполнялась только одним исполнителем. Условие /б/ требует, чтобы каждый исполнитель переналаживался только однажды, это соответствует условию /б/ о выполнении каждым исполнителем только одной работы в /1/.

Поскольку матрица исходного состояния известна, индексы i и j в /2/ связаны заданием исходных значений булевых переменных y_{ij} так, что для каждого j определено в точности одно значение i , выражение $t_{ij} + p_{ij}^i$ задает значения элементов модифицированной матрицы назначений. Такое преобразование состоит в следующем: пока мы не знаем, каким будет решение задачи /2/, нам неизвестны значения пар i, j , определяющих назначение исполнителей на работы, каждый элемент i -ой строки матрицы назначений y мы увеличиваем на величину p_{ij}^i , $j = 1, \overline{n}$. Элемент преобразованной таким образом матрицы задает теперь затраты времени на выполнение j -м исполнителем i -ой работы плюс затраты времени на переналадку j -го исполнителя на i -ую работу с i -ой /исходной/ работы.

Тогда решение задачи о назначениях с переналадками можно получить, рассматривая традиционную модель задачи о назначениях вида:

$$(\min \sum_j \sum_i x_{ij} \tau_{ij} \mid \sum_i x_{ij} = 1; \sum_j x_{ij} = 1; x_{ij} = 0, 1) \quad (3)$$

$$i, j = 1, \overline{n} \quad (4)$$

где

$$\tau_{ij} = t_{ij} + p_{ij}^i$$

Учет переналадок в общем случае значительно усложняет решение задачи, в частности, при этом существенно возрастает число допустимых планов. В нашем случае это число увеличивается в $(n!)^{N-1}$ раз $((n!)^N$ планов в /1/ и $n!^N$ - в /2/).

Когда исходное состояние известно, $N = 1$, для решения /3/ можно воспользоваться известными методами типа венгерского или ветвей и границ.

При решении сформулированной задачи оперативного планирования производства такой подход оказывается целесообразным при нахождении распределения выполнения работ планового задания между исполнителями, осуществляющемся при известном начальном состоянии. Назначение работ исполнителям производится K раз, где $K = \left[\frac{m}{n} \right] + 1$ /здесь и в дальнейшем, отношение, заключенное в квадратные скобки, означает ближайшее меньшее целое/.

Математическая модель, с помощью которой мы будем получать искомый оперативный план, можно записать в виде:

$$\min_{G \in \mathcal{X}_1} F(G)$$

Здесь

$$F(G) = \sum_j \sum_{i_\mu} \sum_{i_0} \psi_{i_\mu i_0}^j + \min_{G \in \mathcal{X}_2} \sum_j \sum_{i_0} \psi_{i_0 j}(G); \quad (5)$$

$$i_\mu, i_0 \in J_j; j = \overline{1, n}$$

где

$$\psi_{i_\mu i_0}^j = (y_{i_\mu i_0}^j - z_{i_\mu i_0}^j) p_{i_\mu i_0}^j \quad (6)$$

$$\psi_{i_0 j}(G) = t_{i_0 j} x_{i_0 j}(G) + \sum_{i_\mu \in J_j} y_{i_\mu i_0}^j p_{i_\mu i_0}^j \quad (7)$$

Здесь через G обозначено расписание или план (x, J, Π) выполнения планового задания $X = (x_i)$ при распределении работ между исполнителями $J = (J_j)$ и порядке их выполнения $\Pi = (\Pi_j); i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$.

Набор $z_{i_\mu i_0}^j$ определяет порядок выполнения работ j -м исполнителем, полученный как решение задачи первого этапа.

Области \mathcal{X}_1 и \mathcal{X}_2 задаются следующими типичными соотношениями:

$$\mathcal{X}_1: (m + t_{i_0 j}) y_{i_\mu i_0}^j + (t_{i_\mu j} - t_{i_0 j}) > t_{i_0 j} \quad (a),$$

$$(m + t_{i_\mu j})(1 - y_{i_\mu i_0}^j) + (t_{i_0 j} - t_{i_\mu j}) > t_{i_\mu j} \quad (b), (8)$$

$$n_j y_{i_\mu i_0}^j + u_{i_\mu} - u_{i_0} \leq n_j - 1 \quad (b)$$

$$i_\mu, i_0 \in J_j; j = \overline{1, n}$$

$$x_2: \sum_j x_{ij}(G) > x_i \quad (a),$$

$$\sum_{i,j} \psi_{ij}(G) \leq \tau_j \quad (d), \quad (9)$$

$$x_{ij}(G) > 0 \quad (b).$$

Здесь ограничения /а/ и /б/ в /8/ обеспечивают выполнение условия в невозможности одновременного выполнения одним исполнителем более одной работы. /в/ - условие односвязности искомого гамильтонова пути. В ограничениях /9/ - условие /а/ обеспечивает выполнение всех работ планового задания, а /б/ - требует при этом не перерасходовать имеющиеся ресурсы. В целевой функции составляющая с суммой /7/ требует распределения по минимуму суммарных совокупных затрат, а с суммой /6/ - минимизирует суммарные затраты на переналадки. При этом выражение /5/ определяет суммарные совокупные затраты на выполнение планового задания при ограниченных ресурсах с учетом коррекции упорядочения и распределения. Предложенный алгоритм /2/ на первом этапе задает распределение работ между исполнителями в смысле минимума суммы /6/. На втором этапе ищется порядок выполнения работ каждым исполнителем, уменьшающий суммарную продолжительность переналадок, здесь также возможна коррекция распределения /обмен работами между различными исполнителями/, при которой уменьшается значение целевой функции /5/. По существу, на первом этапе получается распределение и упорядочение выполнения работ планового задания, а на втором этапе осуществляется коррекция решения первого этапа.

По предложенной модели была составлена программа на АЛГОЛе для БЭСМ-6 и проведены экспериментальные расчеты.

Оперативное планирование сбыта /задача П/

Рассмотрим задачу оперативного планирования сбыта в такой постановке /1/.

Завод точной измерительной аппаратуры производит приборы m типов, которые отправляются к заказчикам. Отправка может осуществляться двумя способами: контейнерами и почтовыми посылками. В определенные моменты в отдел сбыта поступают сведения о наличии готовой продукции, и он должен решать задачу: каким заказчикам, сколько и как следует отгружать приборы,

чтобы суммарные затраты при этом были минимальными, а число отправленных приборов максимально приближалось к количеству, готовых к отправке. Все заказы необходимо выполнить в течение планового периода и ни один заказчик не имеет приоритета. Завод не несет дополнительных расходов, если контейнер загружен полностью, либо не догружен на допустимую величину, в противном случае он платит штраф.

Математическая модель задачи о сбыте с подробными комментариями приведена в /1/. Воспользуемся результатом, полученным в /1/, для того, чтобы оценить возможности практических расчетов по предложенной модели. Этот вопрос уже обсуждался в /3/, мы сделаем это сейчас с необходимой детализацией предлагаемого решения.

Итак, математическая модель задачи о сбыте, сформулированная в /1/, представляет собой задачу дискретного программирования такого вида:

$$\min \left(\sum_i [q_i - \sum_k \sum_e x_{ik}^e] \mid \sum_k \sum_e x_{ik}^e \leq q_i; \sum_e x_{ik}^e \leq S_{ik}; \right. \quad (10)$$

$$\left. \sum_i x_{ik}^e = x_k^e, x_k^e \in X; x_k^e \geq 0, \text{ целое} \right.$$

$$\left. i = \overline{1, m}; k = \overline{1, K}; e = \overline{1, \alpha_k^*} \right.$$

Здесь q_i определяет наличие продукции i -го вида к моменту отправки, x_{ik}^e - переменная, обозначающая число приборов i -го вида, отправляемых k -му заказчику в e -ом контейнере, α_k^* - константа, определяющая потребность k -го заказчика в контейнерах.

Целевая функция задачи /10/ минимизирует разность между числом отправляемых приборов и числом приборов, готовых к отправке. Первое ограничение в /10/ требует, чтобы число отправляемых приборов не превышало имеющегося в наличии q_i . Второе - не допускает, чтобы k -му заказчику было отправлено продукции больше чем, он заказал. Третье и четвертое вместе контролирует загрузку приборов в контейнеры. Четвертое условие по существу представляет собой двустороннее ограничение, требующее, чтобы число приборов в каждом контейнере, отправляемом данному заказчику было, с одной стороны, не меньше, а с другой, - не больше некоторых, определяемых по исходным данным и состоянию системы, величин. Расчеты этих величин так же, как и определение α_k^* , подробно описываются в /1/.

По модели /10/ были проведены экспериментальные расчеты, которые показали невозможность использования стандартных процедур целочисленного программирования для получения решений на данных реальных задач. В связи с этим был предложен приближенный алгоритм решения /10/, заключающийся в следующем.

Описание приближенного алгоритма

В реальных ситуациях задача оптимизации сбыта, в случае дискретного производства, принципиально сводится к задаче комплектации партии готовой продукции. Воспользуемся уже данной формулировкой задачи, дополнив ее несколькими условиями практического характера. При этом наша задача будет состоять в следующем.

На основании матрицы заказов S , наличия готовой продукции необходимо укомплектовать партию готовой продукции так, чтобы оставшееся после отправки количество продукции не превышало \tilde{p} . Отправка может осуществляться контейнерами I и II, а также почтовыми посылками. Контейнеры I и II могут вместить не более V и v единиц готовой продукции соответственно.

Алгоритм решения сформулированной задачи, во многом основанный на анализе, предшествовавшем записи модели /10/, представлен в виде блок-схемы на таблице 2.

Для удобства чтения блок-схемы приведем глоссарий терминов - перечень математических символов, использованных при описании процедуры:

m - число типов продукции;

n - число заказов;

$S = (s_{ik})$ - матрица заказов;

s_{ik} - количество продукции /в ед. штук/ i -го типа, требующееся для K -го заказа;

$p = (p_i)$ - вектор наличия;

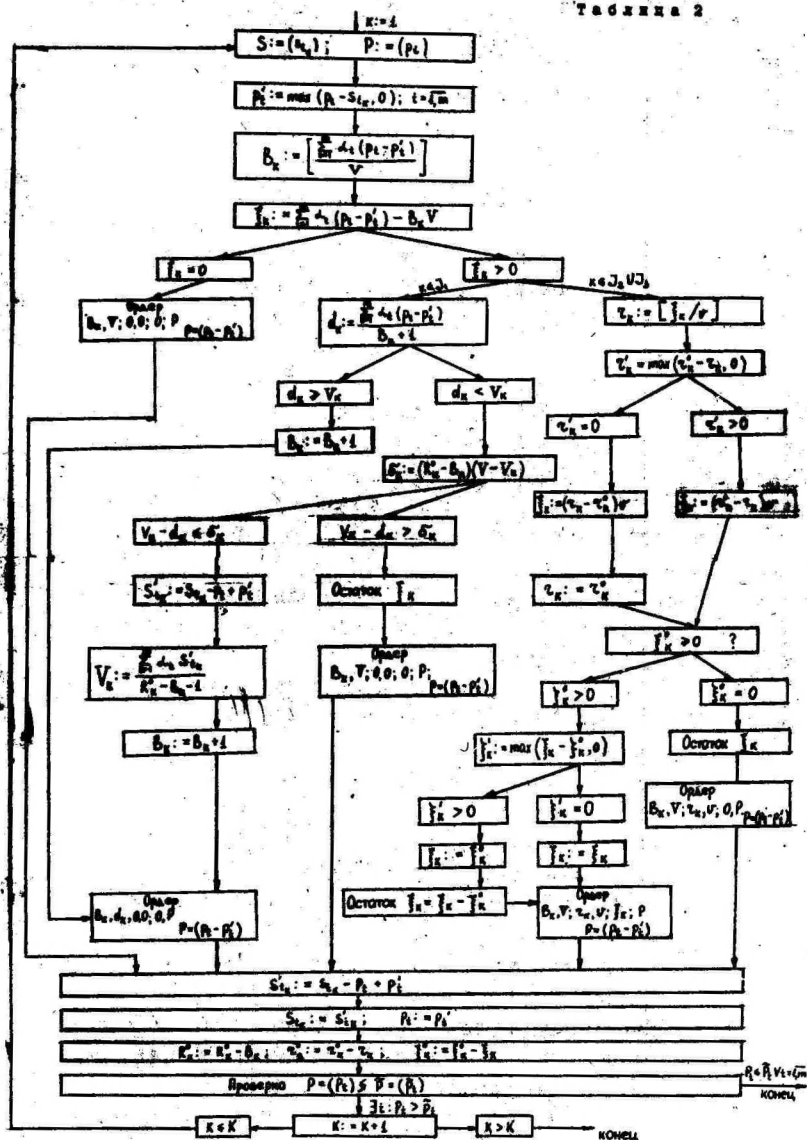
p_i - количество продукции i -го типа, готовое к отправке;

α_i - масштабный коэффициент, "взвешивающий" единицу продукции каждого типа по отношению к единице условной продукции;

V, v - максимальное число единиц условной продукции, помещающихся в контейнер I и II соответственно;

R_k^0, r_k^0 - общее число контейнеров I и II типов соответственно, необходимое для отправки K -го заказа;

ТАБЛИЦА 2



- f_k^0 - число единиц условной продукции, подлежащее отправке k -му заказчику в почтовой посылке;
 B_k, r_k - число контейнеров I и II типов, необходимое для отправки имеющегося количества готовой продукции k -му заказчику;
 f_k - число единиц условной продукции из имеющихся в наличии, отправляемое по почте;
 x_0 - число единиц условной продукции, стоимость отправки которых в контейнере I и контейнере II плюс по почте - одинакова;
 y_0 - число единиц условной продукции, стоимость отправки которых в контейнере II и по почте одинакова;
 J_1, J_2, J_3 - подмножества заказчиков, отгрузка готовой продукции для которых осуществляется только контейнерами I (J_1), контейнерами I и II и посылками (J_2), контейнерами II и посылками (J_3). /Определяются при анализе исходной информации о заказах, как в /I/ ;
 f_k - остаток после отправки целого числа контейнеров I k -му заказчику;
 f_k' - остаток после отправки целого числа контейнеров II k -му заказчику;
 $\tilde{p}=(\tilde{p}_i)$ - вектор гарантийного запаса.

Описание процедуры "Сбыт"

Процедура, блок-схема которой представлена на таблице 2, предназначена для комплектования партий из заданного наличия на складе готовой продукции. По окончании этой процедуры определяются ордера на отправку для каждого заказчика K :

$$\{B_k, V_k; r_k, v_k; f_k, p=(p_i')\}$$

в которых указывается: число контейнеров I - B_k и их средняя загрузка V_k ; число контейнеров II - r_k и их средняя загрузка v_k ; число единиц условной продукции, отправляемой в посылке f_k ; число единиц продукции каждого вида, которое отправляется данному заказчику.

1. Для k -го заказчика определяется число единиц продукции каждого вида, которое может быть отправлено.

2. Вычисляется число полных контейнеров I B_k , необходимое для отправки возможного количества продукции.

3. Находимся объем остатка \sum_k после отправки B_k полных контейнеров.

4. Если $\sum_k > 0$, переходим на пункт 6.

5. Если $\sum_k = 0$, то печатается ордер на отправку:

$$\{B_k, V_k, 0, 0; 0, p\}$$

6. Если $k \in J_2$ или $k \in J_3$ то переходим на пункт 12.

7. Если $k \in J_1$ вычисляем среднюю загрузку контейнера $I - d_k$.

8. Если d_k не меньше V_k определенного процедурой "Анализ", то $B_k := B_k + 1$ печатается ордер на отправку, как и в пункте 5.

9. Если $d_k < V_k$, проверим, насколько получающаяся средняя загрузка контейнера $I - d_k$ отличается от V_k . Для этого определим величину $\delta_k = (R_k^0 - B_k)(V - V_k)$ - свободный объем в контейнерах I , которые предстоит отправить в следующих периодах. Тогда, если $(B_k + 1)(V_k - d_k) < \delta_k$, то отправка $(B_k + 1)$ -го контейнера по d_k в каждом разрешается и печатается ордер на отправку подобный тому, как в пунктах 5 и 8 $B_k := B_k + 1$, но предварительно вычислится новое среднее значение для загрузки контейнеров I этого заказа: $V_k := \left[\frac{\sum d_i S_k}{R_k^0 - B_k - 1} \right]$ Переходим на пункт 18.

10. Остаток таков ($d_k < V_k$), что если мы заполним им целый контейнер, в дальнейшем оставшаяся продукция не уместится в отведенное число контейнеров R_k^0 , так что придется нести дополнительные расходы на отправку в контейнере или посылке.

11. С помощью процедуры "Остаток" мы решаем, что делать с продукцией объема \sum_k и печатаем ордер как в пунктах 5, 8, 9. Переходим на пункт 18.

12. Определяем число контейнеров $\Pi - r_k$ необходимых для отправки объема готовой продукции равного \sum_k .

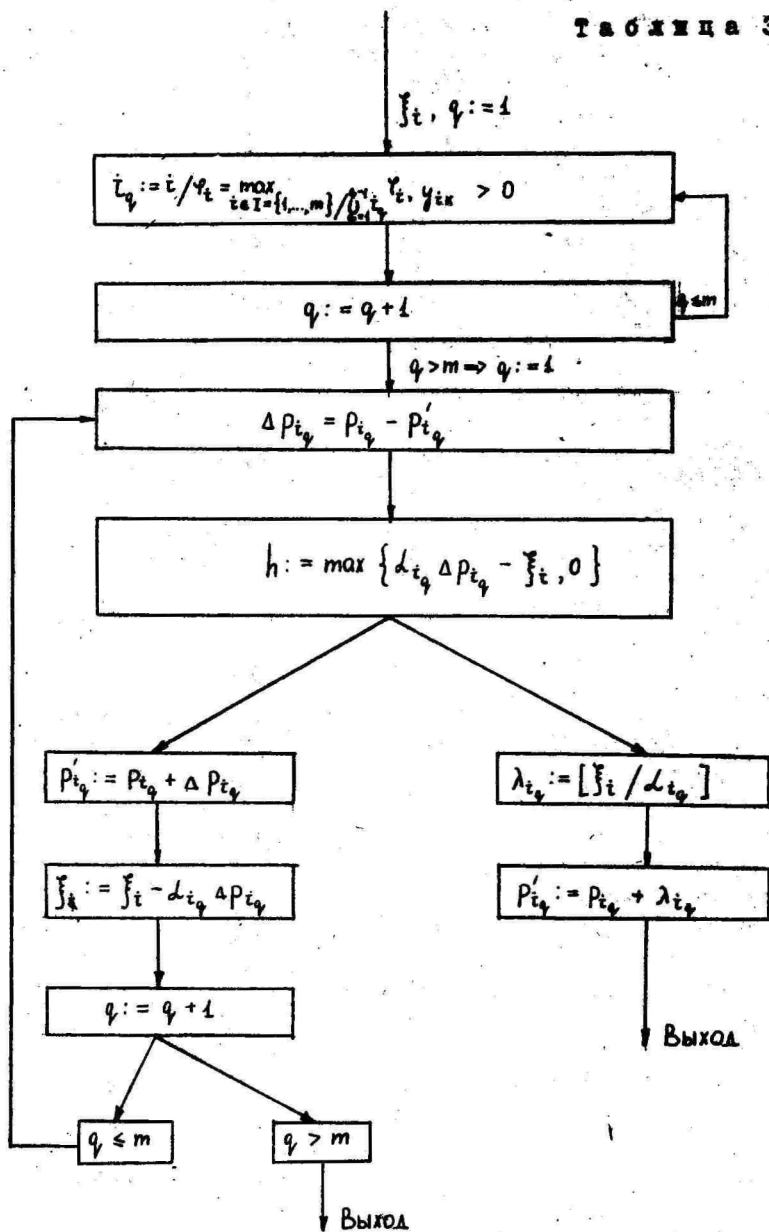
13. Проверим, не превышает ли r_k определенное процедурой "Анализ" число r_j^0 . Если $r_j^0 > r_j$, вычисляем остаток

$$\sum_k = (r_k^0 - r_k) V.$$

Переходим на пункт 15.

14. Если $r_k^0 < r_j$, полагаем $r_k := r_k^0$ и вычисляем остаток \sum_k .

Таблица 3



15. Выводим, есть ли необходимость отправлять j -й заказ по почте. Если нет, решаем проблему остатка с помощью специальной процедуры и печатаем порядок $\{B_k, V_k; r_k, v_k; 0; P\}$.

16. Сравниваем величину остатка f_k с величиной части заказа, которую необходимо отправить по почте f_j^0 . Если $f_k > f_j^0$, печатается порядок на отправку $\{B_k, V_k; r_k, v_k; f_k, P\}$ причем $f_k := f_k^0$, определяем остаток $f_k := f_k - f_k^0$ и после процедуры "Остаток" переходим на пункт 18.

17. Если $f_k \leq f_j^0$, то $f_k := f_k$ и печатаем порядок такого же вида, как в пункте 16.

18. Вычисляем для k -го заказа элементы матрицы S :

$$S'_{ik} = S_{ik} - P_i + P'_i.$$

19. Формируем новую матрицу заказов S и вектор наличия

$$P = (P_i), \quad \text{где } P_i = P'_i$$

20. Определяем число контейнеров I и III, которое осталось отправить k -му заказчику, а также объем продукции, который еще предстоит послать по почте. Сравниваем P и \tilde{P} . Если $P \leq \tilde{P}$ т.е. $P_i \leq \tilde{P}_i \quad \forall i = 1, m$, то комплектация партий заканчивается. В противном случае, переходим к следующему заказу. Когда все заказы исследованы, конец процедуры.

Описание процедуры "Остаток"

Нам удалось определить объем продукции, которая может быть отправлена k -му заказчику, не нарушая условий типа $x_k^e \in X$ задачи /10/, задаваемых в нашем случае процедурой "Анализ". При этом некоторая часть продукции f_k оказалась лишней и необходимо определить, какие типы продукции и в каком количестве должны составить это f_k . Нетрудно видеть, что формальный подход приведет к известной задаче о рюкзаке, относящейся к классу универсальных. Заполним объем f_k исходя из предположения, что для каждого типа продукции i задан индекс ψ_i , определенный аналитически или вычисленный с помощью экспертов. Содержательно ψ_i является мерой необходимости продукции i -го типа для формирования партий на следующих этапах. В простейшем случае $\psi_i = \sum_k S_{ik}$. Формально может быть получено как решение двойственной к исходной задаче о рюкзаке; в этом случае в оптимальном решении двойственной задачи, если оно существует, значение двойственной переменной, поставленное в соответствие числу отправляемых приборов i -го типа - x_i определит индекс ψ_i .

Итак, остаток, $\{k\}$, измеренный в единицах объема, необходимо представить в виде нескольких единиц готовой продукции y_{ik} таких, что

$$\sum_{i=1}^m d_i y_{ik} \leq \{k\},$$

$$y_{ij} > 0,$$

$$\text{и } \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^k \psi_i y_{ik} \rightarrow \max$$

т.е. суммарная ценность /в смысле последующего комплектования партий/ оставляемой продукции была максимальной.

Перейдем к описанию процедуры "Остаток", блок-схема которой представлена на таблице 3.

1. $q := 1$

2. Упорядочим все типы продукции, отправляемые j -му заказчику так, чтобы они располагались в порядке невозрастания индекса ψ_i . Предположим, что первый в этой последовательности оказалась продукция i_q -го типа.

3. Определяем количество продукции i_q -го типа, отправляемой k -му заказчику.

4. Сравниваем количество продукции i -го типа, отправляемой k -му заказчику с $\{k\}$. Если $\alpha i_q \cdot \Delta p i_q > \{k\}$, переходим на пункт 7.

5. $\alpha i_q \cdot \Delta p i_q < \{k\}$. В этом случае оставляем всю продукцию i_q -го типа $p i_q = p i_q + \Delta p i_q$.

6. Определяем новую величину остатка $\{k\} := \{k\} - \alpha i_q \cdot \Delta p i_q$, берем следующий элемент в последовательности т.е. $q := q + 1$, переходим на пункт 2, если проверены не все элементы ($q \leq m$). Иначе - процедура заканчивается.

7. Вычисляем количество единиц продукции i_q -го типа, которые заполняют объем $\{k\} - \lambda = [\{k\} / \alpha i_q]$.

8. Наличие продукции i_q -го типа увеличиваем на величину λ . Конец процедуры.

"Анализ"

Эта процедура, по заданной матрице заказов S классифицирует всех заказчиков, относя каждого к одному из трех под-

множеств: J_1 - объединяет те заказы, которые отправляются потребителю только в контейнерах I, J_2 - в контейнерах I, II и посылках, J_3 - в контейнерах II и посылках. На самом деле, можно образовать еще, по крайней мере, два подмножества J_4 - объединяющее заказы, отправляемые в контейнерах и посылках и J_5 - только в посылках. Однако для упрощения расчетов оказалось удобным ограничиться лишь первым тремя, как легко видеть, два оставшиеся легко могут быть определены как частные случаи J_2 .

Блок-схема процедуры "Анализ" представлена на таблице 4.

1. Для каждого заказчика определяется целое число контейнеров I, необходимых для отправки заказа - R_k^0 .

2. Вычисляется объем остатка после отправки полных R_k^0 контейнеров.

3. Проверяется условие: не превышает ли остаток величины x_0 для которой отправка в контейнере I и в контейнере II и посылках требует одинаковых затрат.

4. Остаток не меньше x_0 , тогда $k \in J_1$.

5. Число необходимых для отправки j -го заказа контейнеров I равно $R_k^0 + 1$ и средняя загрузка каждого контейнера I равна V_k .

6. Остаток меньше x_0 .

7. Определяется число контейнеров II, необходимых для отправки k -му заказчику r_k^0 .

8. Находим величину остатка после отправки r_k^0 контейнеров II - f_k .

9. Проверяем - не превышает ли f_k величины y^0 для которой отправка в контейнере II и посылке требует одинаковых затрат.

10. $f_k > y^0$, тогда $r_k^0 := r_k^0 + 1$

Средняя загрузка каждого контейнера II - V_k .

11. Если число требуемых для отправки заказа k контейнеров I равно 0, то $k \in J_3$. Иначе $k \in J_2$.

12. $f_k < y^0$.

13. Объем отправляемой посылки подлагается равным f_k .

14. Заказ, в зависимости от величины R_k^0 относится или к классу J_3 ($R_k^0 = 0$) или J_2 ($R_k^0 > 0$).

15. Переходим к следующему заказу $k := k + 1$.

16. Если классифицированы все заказы, то конец процедуры, если нет - то процедура повторяется.

Построение оптимизационной модели с методологической точки зрения хорошо разработано. Известно, что необходимо определить цель, с которой модель создается, сформулировать на основании этого целевой функционал и выписать систему ограничений, определяющих область допустимых значений искомого решения. Конечно, в результате может получиться /чаще всего и получается/ совсем замкнутая конструкция, к которой непонятно как и подступиться: во всяком случае, метод решения в большинстве случаев будет неизвестен. Однако в наших руках оказывается формализованные условия задачи, записанные в результате использования методологии оптимального программирования. Используя полученную оптимизационную модель за основу, гораздо легче перейти к созданию эвристических процедур получения решения, при этом меньше опасность не учесть важное условие, но включить второстепенное: все они выписаны в виде ограничений оптимизационной задачи и могут быть предварительно исследованы с помощью просчетов ее упрощенных вариантов.

Согласование оперативных планов производства и сбыта

Используя введенные ранее обозначения, искомый план можно получить как решение следующей задачи целочисленного программирования: найти $\min F(G)$ при $G \in \mathcal{G}$, где

$$F(G) = F(G) + \min_{u \in W} f(u) \quad /II/$$

Минимизация $F(G)$ сводилась к решению двухэтапной задачи на области \mathcal{G} допустимых расписаний при определении оперативного плана производства. $f(u)$ - целевой функционал, задающий затраты на коррекцию расписания G , а область допустимых значений W задается соотношениями.

$$W = \{u \mid Ay^T \leq Q; u \leq x; z \leq S; z \geq hv\}$$

Расписание $G \in \mathcal{G}$ минимизирующее $F(G)$ может не быть допустимым решением /II/, если оно не удовлетворяет условиям, формирующим W . Поэтому мы ввели в задачу функционал $f(u)$, минимизация которого позволяет преобразовать расписание таким образом, чтобы сделать его допустимым с минимальными затратами. A - матрица-строка, элемент которой a_i , $i = \overline{1, m}$ представляет масштабный коэффициент: "взвешиваю-

ний" единицу продукции i -го типа по отношению к единице условной продукции.

Содержательно добавление в задачу этого функционала соответствует учету обратной связи между блоками сбыта и производства в приведенной на табл. I схеме. Получая оптимальное в смысле $\min F(G)$ расписание, предприятие может произвести большое количество продукции, которое невозможно отправить потребителям, так что выгоды от рациональной организации производства будут уничтожены необходимостью хранения большого объема готовой продукции. В нашей задаче не фигурируют затраты на хранение готовой продукции, поскольку предполагается, что на склад поступает вся произведенная продукция и, в зависимости от наличия, определяется ордер на ее отправку. Таким образом, затраты на хранение можно положить нулевыми, если наличие готовой продукции не превышает допустимого объема. Это, безусловно, сильное допущение позволяет нам избежать необходимости оптимизировать векторную целевую функцию, заменив функцию затрат на хранение требованием $\Delta Y \leq Q$ непревышения допустимого наличия на складе, равного разности производства X и сбыта Z . При нарушении этого условия вырабатывается коррекция расписания u определяющая такой вектор производства u' , чтобы $u' + X - Z$ составило не менее k ($k = \lfloor \frac{\Delta Y}{Q} \rfloor + 1$) партий. u' подается на вход блока производства, для него решается задача об оптимальном распределении и упорядочении, а также пересматривается расписание производства на оставшуюся часть планового периода. Множество допустимых векторов u' определяется областью \mathcal{E} и из всего этого множества требуется выбрать такой вектор u , коррекция с помощью которого требует минимальных затрат на перестройку расписания. Если обозначить через G^* расписание, полученное с учетом коррекции u , то

$$f(u) = F(G) - F(G^*)$$

Рассмотрим один алгоритм приближенного решения задачи.

Приближенное решение

Предположим, что отправка готовой продукции осуществляется периодически через $\Delta \tau$ единиц времени.

Плановый период $(0, \tau)$ разобьем на интервалы длительностью $\Delta \tau: (t_1, t_2), (t_2, t_3), \dots$ так, что $t_{p+1} = t_p + \Delta \tau$; $p = 1, \dots, q$; где $q = \left[\frac{\tau}{\Delta \tau} \right] + 1$; $t_1 = 0$.

Выпуск готовой продукции на p -ом интервале характеризуется вектором $X_p = (x_i^p)$ наличие на складе - вектором $Y_p = (y_i^p)$ и сбыт - вектором $Z_p = (z_i^p)$; $i = \overline{1, m}$; $p = \overline{1, q}$. X_p может получиться как решение задачи объемно-календарного планирования, взятое по производству продукции в интервале (t_p, t_{p+1}) , Z_p - как решение задачи сбыта для того же интервала, Y_{p+1} - как разность векторов $X_p - Z_p$.

Будем считать расписание работы предприятия: на период $(0, \tau)$ допустимым, если удовлетворяются условия задач I и II, т.е. распределения и упорядочения с ограниченными ресурсами времени и сбыта соответственно, плюс еще одно ограничение: $AU^T \leq Q$ (42). Тогда приближенное решение задачи оптимального функционирования предприятия можно получить, следуя такой схеме. В качестве исходных величин нам заданы: $X = (x_i)$ - плановое задание $i \in J = \{1, \dots, m\}$ множество типов продукции, матрица назначений $T = (t_{ij})$; $i \in J$; $j \in J = \{1, \dots, n\}$ - множество исполнителей, в нашем случае - технологических линий, P_j - матрицы переналадок $V_j \in J$ продолжительность планового периода τ , транзитная норма V , матрица заказов $S = (S_{ik})$, $k \in K = \{1, \dots, k\}$ - множество заказчиков.

1. Пусть решением задачи I получено расписание, оптимальное в смысле целевого функционала $F(G)$, на основании которого мы можем получить наличие готовой продукции в каждый момент времени $t \in (0, \tau)$. Определим с его помощью величину X_p для $p = 1$ и используем ее как исходное значение для решения задачи оптимального сбыта II. Решение задачи II - Z_p , т.е. отправку готовой продукции сравним с производством X_p , если величина $AU_p^T \leq Q$ полагаем $p = p + 1$ и если $p \leq q$ повторяем расчеты. Если $p > q$ конец алгоритма.

2. Если $AU_p^T > Q$, определим коррекцию расписания - U_p . Каждому U_p можно поставить в соответствие набор векторов U_p таких, что $A(U_p + U_p)$ составят число партий большее k , причем $U_p < x - \sum_{i=1}^{p-1} Z_i$, где $<$ означает "лексикографически меньше". Мы получим возможность укомплектовать несколько партий готовой продукции и отправить их потребителям. Нетрудно видеть, что такой выбор U_p по крайней мере уменьшит нали-

чие готовой продукции Y_p на складе. Действительно, при формировании вектора U_p возможны два случая:

А. U_p таков, что производство объемов продукции в номенклатуре, задаваемой этим вектором, может быть осуществлено за время, меньшее чем длительность интервала ΔT . Так что наряду с U_p будет произведена продукция $X_p - U_p$, которая не обязательно составит целое число партий, и часть ее $/a$ может быть и вся произведенная продукция $X_p - U_p /$ поступит на склад. Переполнение склада не произойдет по той причине, что имеющийся запас готовой продукции Y_p может быть отгружен после его доукомплектования продукцией U_p .

В. U_p таков, что для выполнения определяемого им планового задания требуется несколько интервалов ΔT . Переполнение склада не произойдет в этом случае потому, что практически вся произведенная в p -м интервале продукция будет отправляться, комплектуя партии.

Вопросы о формировании вектора U_p будут обсуждены нами ниже, сейчас же считаем, что после шага 2 вектор U_p полностью определен.

3. Задача I решается для вектора $x := x - \left\{ \sum_{p=1}^P x_p - U_p \right\}$ и дополнительных ограничений /подробно они описаны в следующем параграфе/.

Переходим на пункт I.

Определение U_p

В случае, когда расписание, определяемое решением задачи I, не обеспечивает выполнения условия /I2/ так, что на p -м интервале наблюдается перепополнение склада, необходимо определить коррекцию расписания U_p - в качестве планового задания на p -й интервал можно выбрать любой вектор, координаты которого не будут превышать планового задания на оставшиеся $(q - p + 1)$ периода, а сумма выпуска готовой продукции на p -ом интервале - $X_p + U_p$ и наличия на складе - Y_p позволит составить целое число партий. Если обозначить через $f(U_p)$ - функцию, определяющую дополнительные затраты на выпуск, вызванные коррекцией расписания U_p , то решение задачи

$$f(U_p) \rightarrow \min$$

с ограничениями

$$AZ_p^T(u_p) > kV;$$

$$Au_p^T \leq Q$$

$$u_p + y_p \geq Z_p(u_p);$$

$$u_p \leq x - \sum_{v=1}^{p-1} x_v;$$

$$Z_p(u_p) \leq x - \sum_{v=1}^{p-1} Z_v(u_v);$$

$$u_p, y_p, Z_p \geq 0$$

позволяет определить коррекцию u_p , которая потребует минимальных затрат на перестройку расписания. Структура задачи, как легко заметить, испорчена видом целевой функции, которая задана на дискретном множестве векторов, удовлетворяющих ограничениям, а также видом самих ограничений, когда вектор сбыта Z_p , также зависит от u_p .

В качестве целевого функционала задачи можно было бы использовать требование максимизации сбыта, т.е. $Z_p(u_p) \rightarrow \max$, этот подход, очевидно, упростил бы задачу, однако, в нашем случае, привел бы к экономически необоснованным перестройкам расписания, полученного как решение задачи I.

Оптимальная в указанном смысле коррекция u_p должна быть учтена в расписании G . Для этого плановое задание $X = \{x_1^p, \dots, x_1^p, \dots, x_m^p\}$ видоизменяется таким образом. Предположим, что вектор коррекции $u_p = \{u_1^p, \dots, u_1^p, \dots, u_m^p\}$ имеет ненулевых компонент. Для удобства изложения, без ущерба для общности, будем считать, что ненулевыми являются первые

компонент вектора коррекции. В качестве планового задания возьмем вектор $B_p = (b_1^p, \dots, b_i^p, \dots, b_m^p, b_{m+1}^p, \dots, b_{m+r}^p) \in (m+r)$

$$\text{компонентами, причем}$$

$$b_i^p = \begin{cases} x_i - u_i^p - \sum_{v=1}^{p-1} x_i^v, & \text{если } i \leq m \\ u_i^p, & \text{если } m < i \leq m+r \end{cases}$$

Тогда учесть коррекцию U_p можно решением задачи I, в качестве исходных данных для которой будут использоваться видоизмененное плановое задание B_p , матрица исходного состояния E_{p-1} , ресурс времени $\tau - (p-1)\Delta\tau$, а также матриц T, P_j , $V_j = 1, \overline{n}$ в первоначальном виде. Область допустимых значений расписаний при этом также преобразовывается введением дополнительных ограничений - отношений согласования вида

$$i_\mu \vdash i_\nu, \text{ где } i_\mu = m+1, \dots, m+r; i_\nu = 1, \overline{m}$$

/здесь знак \vdash задает отношение предшествования: i_μ предшествует i_ν /.

В заключение отметим, что изложенный подход является, по существу, реализацией известного принципа минимальных уступок, используемого для решения задач векторной оптимизации. Целесообразность такого подхода основывается на возможности использования уже разработанных моделей составления расписания основного производства и сбыта готовой продукции, связывая их звеном коррекции получаемого решения. Таким образом, для решения фактически новой задачи удастся применить разработанные ранее алгоритмы.

Кроме того, такой подход позволит осуществлять планирование не "от производства" и не "от сбыта", когда одна подсистема считается более важной чем другая. Здесь реализуется более демократичный принцип, позволяющий учесть возможности каждой подсистемы и в какой-то мере согласовывать их интересы.

Л и т е р а т у р а

1. Л у г а ч е в М.И. Об одной задаче оптимизации сбыта готовой продукции при большеразмерной матрице заказов. - "Экономика и математические методы", т. 12. 1976, № 5.
2. Л у г а ч е в М.И. Одна задача распределения и упорядочения. - В сб.: Проблемы внедрения новых методов в планировании. М., Изд-во МГУ, 1976.
- В. Л у г а ч е в М.И. Реализация одного алгоритма управления сбытом готовой продукции при большой размерности матрицы заказов. - В сб.: Материалы научной экономической конференции. Вып. 4. Томск, изд-во Тмского госуниверситета, Томск, 1976.

**AN ANALYSIS OF COORDINATION OF CURRENT PLANS OF
DISCRETE SUBSYSTEMS OF PRODUCTION AND MARKETING**

M. Lugachev

S u m m a r y

This paper is dedicated to application of linear programming methods for optimization of production plans and for coordination of these plans with the systems of supply and marketing in the enterprise.

A number of concrete algorithms are described for solving the problems connected with industrial scheduling, optimal planning of marketing and optimal coordination of current plans for production and marketing.

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Э.М. Кольк

Кафедра товароведения и организации торговли
Тартуского государственного университета

В десятой пятилетке много внимания уделяется разработке и внедрению автоматизированных систем управления /АСУ/ в разных отраслях народного хозяйства. Особое значение приобретает при этом оптимизационные задачи, так как они позволяют обнаруживать резервы производства и повышать эффективность АСУ.

Сырье хлебопекарной промышленности - зерно - содержит в себе огромное количество овеществленного труда людей, работающих в сельском хозяйстве. Поэтому вопросы оптимального использования зерно-мучных изделий имеют немаловажное значение. Кроме того, надо учитывать, что расходы на сырье составляют свыше 80% себестоимости продукции хлебопекарной промышленности.

На хлебокомбинатах республики расчеты и калькуляции по обоснованию производственной программы, как правило, производятся только один раз в год - в ходе составления техпромфинплана предприятия. Разработка нескольких вариантов плана из-за большого объема вычислений не практикуется, и поэтому нет возможности сравнения и выбора между различными вариантами плана. Применение ЭВМ позволяет за короткий срок вычислить и сравнить много вариантов плана, причем на основе определенного критерия /например, прибыли или товарной продукции/ находят оптимальный вариант плана.

Исходя из вышесказанного, была разработана симплексная модель, позволяющая одновременно оптимизировать два основных этапа хлебопекарного и кондитерского производства: выбор сырья и выпуск готовых изделий. Как правило, составляют еще один или два альтернативных варианта плана.

Модель составлена в виде матрицы 128×135 , которая может быть реализована как на ЭВМ "Минск-32", так и на ЭВМ ЕС.

Критерием оптимальности в основном варианте модели служила прибыль. Однако при вычислении альтернативных вариантов плана предусмотрена минимизация или максимизация какого-нибудь

другого, существенного с точки зрения производства показателя /напр., затраты труда или товарной продукции/.

Целевая функция имеет следующий вид:

$$\max \Pi = \sum_{i=1}^n (Q_i - S_i) x_i - \sum_{j=1}^m q_j x_j,$$

где Q_i - оптовая цена i -го наименования продукта, руб./ц;

q_j - оптовая цена j -го наименования сырья, руб./ц;

S_i - себестоимость i -го наименования продукта без учета затрат на сырье, руб./ц;

x_j - количество j -го вида сырья, ц;

m - количество наименования сырья, шт.;

n - число наименований сырья;

Π - прибыль, руб.

Неизвестными являются количество всех видов и наименований сырья и хлебопекарных и кондитерских изделий.

В рядах модели приведены ограничения, учитывающие реальные условия производства. Необходимо соблюдать количественные пропорции некоторых видов сырья /напр., пшеничной и ржаной муки/. Приходится учитывать требования торговых организаций и указания вышестоящих органов относительно объема производства групп изделий, а также ресурсы сырья и ряд других условий.

Система ограничений модели состоит из следующих групп:

1. Затраты сырья не должны превышать их запасов:

$$\sum_{i=1}^n A_{ij} x_i \leq A_j \quad (j=1, 2, 3, \dots, m),$$

где A_{ij} - норма расхода j -го вида сырья на изготовление 1 ц i -го вида изделий, ц;

A_j - количество j -го вида сырья для использования в течение планового периода, ц.

2. Объем товарной продукции должен быть не меньше установленного

$$\sum_{i=1}^n Q_i x_i > R,$$

где R - установленный объем товарной продукции на плановый период, руб.

3. Количество каждого вида изделий должно находиться в установленных пределах

$$d_i > x_i > e_i,$$

где d_i - максимальное установленное количество i -го вида продукта, ц;

e_i - минимальное установленное количество i -го вида продукта, ц.

Для большинства изделий ограничены верхние пределы объема производства; только для некоторых изделий установлены минимальные количества производства или же они определены равенствами.

При реализации модели на ЭЕМ получают:

- оптимальный план потребности в основном и вспомогательном сырье;
- оптимальный план производства изделий.

При помощи модели в опытным порядке вычислены оптимальные планы для Тартуского хлебокомбината.

Вопросы текущего планирования хлебопекарного производства, как показывает опыт, решаются главным образом исходя из сырьевых ресурсов и заявок торгующих организаций. Показатели рентабельности учитываются в меньшей мере, к тому же они постоянно изменяются в зависимости от конкретных условий производства. Поэтому некоторые изделия /например, хлеб "Новоукраинский", печенье "Таллин" и др./, которые являются убыточными или же рентабельность которых оказывается ниже других, практически при любых производственных условиях ограничены нижними пределами или равенствами.

Опыт применения модели показал также, что некоторые из изделий могут остаться неограниченными в объеме, так как строго ограничены количества отдельных видов сырья, входящих в рецептуру этих изделий.

SOME ASPECTS OF PROGRAMMING PRODUCTION IN BREAD FACTORY

E. Kolk

Summary

An optimization model of bread, white bread and confectionery production was evolved and experimented in Tartu Bread Factory. The optimization resulted in an increase in production of more profitable products. Raw material was used more effectively. An optimization model permits calculation of: an optimal plan for raw materials; an optimal for production of bread and confectionery.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ БАНКА ДАННЫХ АНАЛИЗА ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ /ВД АХД/

М.А. Севрук

Кафедра учета и анализа хозяйственной деятельности
Московского государственного университета

Целью разработки и создания ВД АХД является повышение эффективности функционирования АСУП.

Эта цель достигается за счет реализации следующих принципов.

Оптимизации информационного обеспечения, которое включает:

- а/ устранение дублирования информации на входе системы;
- б/ единообразие структуры файлов;
- в/ сокращение времени поиска и выборки данных;
- г/ логический контроль хранимой информации.

Оптимизация математического обеспечения:

- а/ создание единого пакета программы по организации и реорганизации информационного обеспечения;
- б/ создание единого пакета программ по созданию /выборке из предметной области базы данных/ информационного обеспечения конкретных задач.

Результатом достижения поставленной цели является:

- а/ повышение оперативности решаемых АСУП задач за счет сокращения времени обработки информации;
- б/ улучшение качества получаемой информации за счет логического контроля;
- в/ уменьшение трудозатрат по проектированию и программированию математического обеспечения за счет его унификации;
- г/ сокращение объемов перфорации за счет устранения дублирования информации.

Рассматриваемые в статье вопросы относятся к информационному обеспечению АСУП и иллюстрируются на примере подсистемы бухгалтерского учета и анализа хозяйственной деятельности промышленных предприятий. В технологическом аспекте АСУП включает техническую базу, программное и информационное обеспечение. В связи с оснащением технической базы вычислительными машинами типа ЕС ЭЕМ, имеющими улучшенные

основные параметры: быстроедействие, объем оперативной памяти - и позволяющими работать в мультирежиме, встал вопрос о разработке совершенно новых принципов построения информационного и программного обеспечения автоматизированных систем.

На данном этапе этот вопрос решается с помощью создания банков данных. Рассматриваемый БД АХД имеет модульную структуру и состоит из базы данных анализа хозяйственной деятельности и пакета программ, обслуживающих организацию и реорганизацию этой базы. Сюда входит запись и размещение данных; их корректировка и дозапись; удаление устаревшей информации; создание рабочих файлов для решения конкретных задач и т.д.

Функциональные программы подсистемы АСУП /не входящие в математическое обеспечение БД АХД/ осуществляют обработку данных /анализ, вычисления, оптимизацию, прогнозирование и т.д./ и выдачу их по соответствующим формам в виде таблиц, справок и графиков.

База данных анализа хозяйственной деятельности является отражением системы экономических показателей некоторого объекта или совокупности объектов /промышленных предприятий/ и имеет следующую файловую структуру:

файлы предметной области - логически связанные подмножества экономических показателей;

файлы служебной области содержат справочные координаты расположения файлов предметной области и данных внутри них.

Файл состоит из записей - основных логических единиц информации. Запись в свою очередь состоит из служебных полей и полей данных. Служебные поля содержат информацию о самой записи и о ее логических связях с записями других файлов базы данных:

а/ идентификатор /имя/ записи;

б/ тип записи /соответствует одному из типов записей, принятых в конкретной базе данных/;

в/ логический адрес /номер страницы и относительный адрес в странице/;

г/ длина записи;

д/ адреса логически связанных записей.

Если записи файлов имеют цепную организацию - все логически связанные записи файлов имеют ссылку одного из видов:

а/ ссылку на следующую детальную /содержащую данные/ запись;

б/ ссылку на следующую детальную и главную запись /запись начала цепи/;

в/ ссылку на предшествующую, следующую детальную запись и на главную запись.

Конкретный выбор вида ссылки при цепной организации файла зависит от сложности решения функциональной задачи и от объема данных, необходимых для этого решения.

Если записи файла имеют справочную структуру, то служебное поле "адреса логически связанных записей" содержит адреса записей и идентификаторы данных, необходимых для решения задачи, номер которой указан в служебном поле "тип записи".

Каждое данное - числовое значение экономического показателя - имеет отображение своей связи с некоторым объектом и фиксированным временем через определенный файл служебной информации /справочник картотеки/ БД АХД. Такая организация базы данных максимально сокращает время поиска данных и, следовательно, увеличивает эффективность работы БД АХД.

Структура файлов предметной области разрабатывается на основе следующих принципов:

- выделение обобщающих /глобальных/ показателей в файлы глобального анализа /основные параметры: обобщающий показатель, объект, время/;
- внутренние /локальные/ показатели объединяются в файлы, соответствующие существующим принципам и формам учета, анализа и управления по объекту /группе объектов/ с фиксацией временной принадлежности в соответствующем файле служебной информации.

файлы служебной области базы данных

Служебная область базы данных БД АХД состоит из следующих файлов:

- бухгалтерского учета и анализа;
- оперативного управления производством;
- управления материально-техническим снабжением;
- техничко-экономического планирования;
- нормативного хозяйства;
- управления сбытом;
- управления финансами;
- управления кадрами;
- управления качеством.

Эти файлы являются справочными и содержат информацию,

регламентирующую логические связи между показателями, координаты по времени /отчетный или планируемый период/ и месту /участок, цех, предприятие/.

Структуру записей, составляющих файлы служебной области можно представить в следующем виде:

- а/ идентификатор записи;
- б/ цифр задачи I /один знак - номер подсистемы, два знака - номер задачи в подсистеме/;
- в/ логический адрес /номер страницы и относительный адрес в странице/;
- г/ длина записи;
- д/ адрес записи и идентификатор данного₁, необходимого для решения задачи I.
- д/ адрес записи и идентификатор данного_n, необходимого для решения задачи I.

Файлы предметной области базы данных

Предметная область базы данных БД АХД иллюстрируется на примере файлов, содержащих данные по подсистеме бухгалтерского учета и анализа хозяйственной деятельности промышленных предприятий. Эта область состоит из следующих файлов:

- основных средств /I/;
- материалов /II/;
- зарботной платы /III/;
- производства /IV/;
- готовой продукции /V/;
- денежных средств и расчетов /VI/;
- фондов, резервов и результатов хозяйственной деятельности /VII/;
- сводный учет и отчетность /VIII/.

Рассмотрим как пример логические связи полей данных файла предметной области "основные средства" с другими файлами этой области. Записи этого файла имеют следующие ссылочные координаты на данные, содержащиеся в других файлах и необходимые для решения задач учета основных фондов:

- файл II - расход материалов на капитальный ремонт зданий и сооружений;
- файл III - расход заработной платы на капитальный ремонт зданий и сооружений;
- файл IV - затраты по законченному ремонту основных средств /кроме зданий и сооружений/;

- файл VI - отчисления на социальное страхование по ликвидации основных средств;
- расчеты за поступившие основные средства;
- услуги подрядчиков по капитальному ремонту зданий и сооружений;
- файл VII - увеличение уставного фонда на суммы принятых основных средств;
- увеличение уставного фонда на суммы износа по безвозмездно переданным основным средствам;
- увеличение уставного фонда на суммы износа ликвидированных основных средств.

В свою очередь на поля данных записей файла основные фонды I имеют ссылки записи следующих файлов:

- файл VI - плата за фонды /основные средства/;
- файл VII - уменьшение уставного фонда на сумму ликвидированных, списанных или переданных основных средств;
- списание законченного капитального ремонта основных средств на уменьшение амортизационного фонда;
- уменьшение уставного фонда на суммы износа по безвозмездно полученным основным средствам;
- уменьшение уставного фонда на сумму начисленного износа.

По аналогичному принципу - все данные, необходимые и достаточные для решения любой конкретной целевой функции АСУП связаны между собой /или линейно/ через систему ссылок.

Формальные правила построения базы данных

Первый этап создания базы данных - определение информации, хранимой в базе, в соответствии с требованиями решаемых задач. Затем решаются следующие вопросы.

1. Выделение типов записей.
2. Присвоение идентификатора и имени каждому типу записей /количество записей каждого типа не ограничено/.
3. Определение состава полей каждого типа записи, длины и формата каждого поля, присвоение ему имени.
4. Представление информационных связей, существующих между записями в виде цепей или ссылок.

5. Определение главных и детальных типов каждой цепи, присвоение имен всем цепям, определение способа упорядочения цепей, порядок включения записей в цепи.

6. Графическое представление структуры базы данных.

7. Определение способа размещения записей в базе данных.

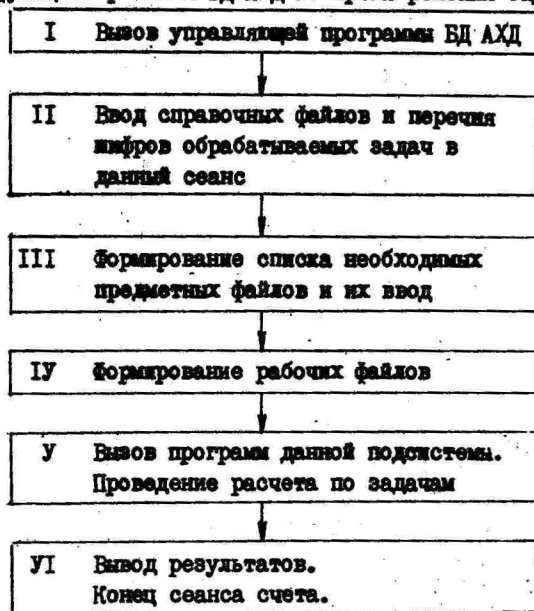
8. Определение способа размещения записи, определение полей /указанием их имен/, которые управляют размещением и поиском записи.

9. Определение физической структуры базы данных.

10. Определение длины каждого типа записей /учитываются информационные и служебные поля/ и оценка объема каждого типа записей /в соответствии с имеющимся оборудованием и решаемыми задачами деление базы на файлы/; выбор размера страницы для каждого файла/.

II. Определение области размещения различных типов записей.

Принципиальная схема
функционирования БД АХД во время решения задач



Пакет прикладных программ включает модули следующих четырех типов:

- главный модуль;
- модуль организации файлов;
- модуль ввода-вывода;
- модуль реорганизации файлов.

В функции главного модуля входит:

- ввод и анализ заказа на проведение работы;
- вызов необходимых программ и организация технологического процесса проведения этой работы;
- выдача протоколов проведения работы по АЦПУ /порядок ведения работы и необходимые носители - МЛ, МД - информации/.

В функции модуля организации файлов входит:

- организация файлов служебной области;
- организация файлов предметной области.

В функции модуля ввода-вывода входит:

- ввод входной информации с ПК или ПЛ;
- анализ входных кодов;
- определение вида обработки;
- компоновка записей;
- запись информации на МЛ и МД.

В функции модуля реорганизации файлов входит:

- корректировка записей файлов;
- дозапись новой информации;
- исключение устаревшей и ошибочной информации;
- организация локального файла в области рабочей памяти для решения конкретной задачи.

Литература

1. Гильде Э.К., Соколов Я.В. Информационные связи подсистемы АСУ "Бухгалтерский учет". М., "Статистика", 1974.
2. "Банк данных универсальной структуры" /БАНК/ "Центропрограммная система", Калинин, 1975.

SOME PROBLEMS OF CREATING DATA BANKS FOR ANALYSIS OF ECONOMIC ACTIVITY

M. Sevruk

S u m m a r y

This paper is dedicated to one of the central problems of data processing systems - the problem of providing the necessary source data. Main principles and formal rules for creating data banks are described. The elements of software to guarantee the smooth functioning of systems are presented. Particular attention is called to uses of the principle of segmented level programming and reinforcing the universality of designed systems.

To illustrate this approach, an example of subsystem for analysis of economic activity is enclosed.

О г л а в л е н и е

Предисловие редактора	3
<u>Кару Я.Э.</u> Систематизация методов экономико-статистического исследования и задач анализа хозяйственной деятельности	5
Karu J. A Systematization of Methods of Economy-Statistical Research and Tasks of Analysis of Economic Activity. Summary	26
<u>Вайну Я. Я.-Э.</u> Об использовании производственных функций и функций роста при анализе эффективности производства.....	27
Vainu J. On the use of Production and Growth Functions when Analyzing Production Efficiency. Summary	37
<u>Емельянов И.А.</u> Математико-статистические методы перспективного анализа выпуска продукции	38
Jemeljanov I. A. The Mathematico-Statistical Methods for Long-Range Analysis of Production Output. Summary	55
<u>Калдару Х.Х.</u> Система показателей комплексного анализа условий труда	56
Kaldaru H. A System of Indices of Complex Analysis of Working Conditions. Summary	61
<u>Кару Я.Э., Саифулин Р.С.</u> Комплексное изучение использования рабочего времени с помощью метода главных факторов и гармонического анализа ...	62
Karu J., Seifulin R. S. A Complex Study of the Utilization of Working Time by means of Methods of Principal Factors and Harmonic Analysis. Summary.	77
<u>Лугачев М.И.</u> Анализ согласования оперативных планов подсистем производства и сбыта предприятий с дискретным характером	78
Lugatchev M. I. An Analysis of Coordination of Current Plans of Discrete Subsystems of Production and Marketing. Summary	101

<u>Кольк Э.М.</u> О некоторых вопросах оптимизации производства в хлебопекарной промышленности	102
Kolk E. Some Aspects of Programming Production in Bread Factory. Summary	104
<u>Севрук М.А.</u> Некоторые вопросы создания банка данных анализа хозяйственной деятельности /БД АХД/..	105
Sevruk M. A. Some Problems of Creating Data Banks for Analysis of Economic Activity. Summary	112

Ученые записки Тартуского государственного университета.
Выпуск 538. ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ЗЕМ В
АНАЛИЗЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. Труды по экономиче-
ским наукам. На русском языке. Рассказ на английском язы-
ке. Тартуский государственный университет. СССР. г. Тар-
ту, ул. Вяйксола, 18. Ответственный редактор Я. Кайу.
Корректоры В. Чаласова, Э. Таммала. Сдано в печать 31.10.
1980. № 04827. Формат 30х45/4. Бумага печатная № 1. Ма-
шинопись. Ротационит. Учетно-издат. листов 6,33. Печат-
ных листов 7,25. Тираж 400. Зап. № 857. Цена 95 коп. Ти-
пография ТГУ, СССР, 202 400. Тарту, ул. Вяйксона 14.